

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С. І. СУББОТІНА**

**МИЧАК Сергій Володимирович**



УДК 551.24.03+551.24.055

**СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ І КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗВИТОК  
ЗЕМНОЇ КОРИ ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

04.00.22 – геофізика  
103 – Науки про Землю

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора геологічних наук

**КИЇВ–2019**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті геофізики імені С. І. Субботіна НАН України.

Науковий консультант доктор геолого-мінералогічних наук, професор,  
член-кореспондент НАН України,  
**Гінтов Олег Борисович,**  
головний науковий співробітник  
Інститут геофізики імені С. І. Субботіна НАН України,

Офіційні опоненти: доктор геологічних наук, професор,  
**Вижива Сергій Андрійович,**  
завідувач кафедри геофізики ННІ «Інститут геології»  
Київського національного університету імені Тараса  
Шевченка

доктор геологічних наук,  
**Довбніч Михайло Михайлович,**  
завідувач кафедри геофізичних методів розвідки  
Національний технічний університет «Дніпровська  
політехніка»

доктор геологічних наук, доцент,  
**Альохін Віктор Іванович,**  
завідувач кафедри геології, розвідки та збагачення  
корисних копалин  
ДВНЗ «Донецький національний технічний  
університет», м. Покровськ

Захист відбудеться 17 жовтня 2019 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.200.01 при Інституті геофізики імені С. І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, просп. Академіка Палладіна, 32.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Інституту геофізики імені С. І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, просп. Академіка Палладіна, 32 та на електронному ресурсі: <http://www.igph.kiev.ua>

Автореферат розіслано 12 вересня 2019 р.

Вчений секретар  
Спеціалізованої вченої ради Д 26.200.01  
доктор геологічних наук



**Т. К. Бурахович**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Обґрунтування вибору теми дослідження** пов'язано з необхідністю розробки нових підходів до пошуків родовищ чорних, рідкісних і благородних металів, на які багата західна частина Українського щита (УЩ). Перехід до плитотектонічної парадигми висунув на перший план завдання детального вивчення розломно-блокової тектоніки земної кори, встановлення внутрішньої структури і кінематики розломних зон, з якими пов'язана більшість рудопроявів. Дослідження кінематики західної частини УЩ важливе ще й тому, що для центральної та східної його частин вже існують геодинамічні моделі, які дають уявлення щодо історії їх розвитку в ранньому докембрії. Для західної частини поки що охарактеризовано період між  $\sim 2,0$ – $1,70$  млрд років – час субдукції та колізії Фенноскандії та Сарматії (Bogdanova et al., 2006). Тектонофізичні дослідження західної частини УЩ дають можливість дослідити напружено-деформований стан (НДС), кінематичні особливості розвитку земної кори цього регіону та формування родовищ корисних копалин протягом палеоархею–неопротерозою 2,50–1,73 млрд років.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана у відділі тектонофізики Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України за такими фундаментальними і прикладними науковими темами: «Деформації земної кори західної та центральної частини Українського щита (2013–2014)», № держ. реєстрації 0113U004655; «Глибинна будова та геодинамічний розвиток Інгульського мегаблока Українського щита у зв'язку з пошуками стратегічних видів корисних копалин (2013-2015)», № держ. реєстрації 0113U002502; «Геологічна будова Побузького гірськорудного району за сучасними геофізичними і геологічними даними та оцінка його перспектив на корисні копалини (2016–2020)», № держ. реєстрації 0116U006203; «Напружено-деформований стан земної кори Побузького гірськорудного району на ділянці Гайворон–Завалля (2017)», № держ. реєстрації 0117U000780; «Роль мантийних процесів у формуванні структури земної кори і родовищ корисних копалин в Україні (2017–2021)», № держ. реєстрації 0117U000373; «Побудова детальної геологічної карти Тарасівського базитового масиву Голованіської шовної зони на основі тектонофізичного і густинного моделювання з метою визначення його перспектив на рідкісні метали і апатити (2018–2019)», № держ. реєстрації 0118U001916; «Розробка методики тривимірного геолого-геофізичного моделювання перспективних локальних геологічних структур Побузького гірськорудного району з метою побудови їх детальних геологічних карт (2018)», № держ. реєстрації 0118U001917.

**Мета дослідження** – вивчення етапів геодинамічного розвитку земної кори західної частини УЩ в неоархеї–палеопротерозої. І на цій основі розглянути перспективи регіону на пошуки корисних копалин.

**Завдання** – провести заміри структурно-текстурних елементів (СТЕ) і тріщинуватості гірських порід в межах мегаблоків та плутонів в західній частині УЩ і встановити поля напружень, які, в свою чергу, слугують основою для

визначення характеру та напрямку сил, що призвели до структурних змін, зокрема переміщень мікроплит в межах регіону.

Дослідити розташування родовищ корисних копалин та структурні елементи породних комплексів в межах західної частини УЩ.

**Об'єкт** дослідження – структура земної кори мегаблоків західної частини УЩ (Волинського, Подільського, Бузького, Росинського, західної частини Інгульського).

**Предмет** дослідження – внутрішня будова та кінематика розломних зон західної частини УЩ.

**Методи дослідження.** Польові дослідження полягали у вивченні та точних замірах елементів залягання максимальної кількості СТЕ кристалічних гірських порід – сланцюватості, кліважу, смугастості, процесів подрібнення, мілонітизації та бластезу, дослідженні крихких тріщин, виявленні і фіксації структурних і динамометаморфічних парагенезисів, вивченні морфологічних та інших особливостей тріщин і білятріщинного простору (притертість, взаємозв'язок зі СТЕ порід, наявність слідів зрушень на площинах тріщин, амплітуди зміщення маркерів і величини їх викривлення поблизу розривів, характер перекристалізації матеріалу). Отримані дані опрацьовувались двома основними методами тектонофізики: структурних парагенезисів та кінематичним. Дослідження в таких складних районах, якими є західна частина УЩ, набувають комплексного характеру, тому для вирішення поставлених завдань залучалися петрографічні, мінералогічні та ізотопно-геохімічні методи дослідження гірських порід.

#### **Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Вперше проведено детальні тектонофізичні дослідження в межах Гайворонської, Завалівської, Маньківської зон розломів, а також вперше встановлено напружено-деформований стан Новоград-Волинського, Уманського, Богуславського гранітоїдних мисивів.

2. Уточнено основні риси внутрішньої будови та кінематики Суцано-Пержанської, Тальнівської, Первомайської, Ємилівської, Молдовської зон розломів і Коростенського плутону.

3. За тектонофізичними даними вперше з'ясовано, що структура західної частини УЩ у ранньому протерозої формувалася переважно за рахунок субгоризонтальних лінійних і обертальних переміщень блоків літосфери та зсувних деформацій вздовж зон розломів. Цим підтверджується характер розвитку щита за плитотектонічною моделлю.

4. Вперше визначено, що основні етапи розломоутворення, динамометаморфічних і метасоматичних перетворень в межах дослідженого регіону відбулися в ранньому протерозої 2,45; 2,30; 2,05; 1,99; 1,85–1,73 млрд років тому.

5. Виявлено, що активний геодинамічний розвиток внутрішньої структури УЩ відбувався до 1,80 млрд років тому, після чого УЩ стабілізувався в межах континенту Сарматія та суперконтиненту Балтика і переміщувався разом із ним.

6. Детально вивчена тектоніка і металогеція Побузького гірничорудного району УЩ, на основі чого запропоновано пошукові критерії на ряд металевих і неметалевих корисних копалин.

7. Показано, що шаруватість та лінійність переважної частини архей-ранньопротерозойських гірських порід дослідженого регіону мають вторинний характер і сформовані процесами динамометаморфізму та метасоматозу.

8. Підтверджено, що переважна більшість рудних родовищ і ділянок зруденіння в межах дослідженого регіону пов'язана з зонами розломів і визначається їх внутрішньою структурою, фазами розвитку та кінематикою.

9. Вперше побудовано Структурно-петрофізичну та тектонофізичну основу геолого-структурної карти поверхні кристалічного фундаменту центральної частини Голованівської шовної зони і сусідніх ділянок УЩ (листи М-36-XXXI та L-36-I), масштаб 1:100 000.

10. Побудовано Схему зіставлення рідкісноземельно-рідкіснометалевої і золоторудної мінералізації з розломно-блоковою тектонікою західної частини УЩ.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані дані суттєво розширюють знання про тектонічну еволюцію західної частини УЩ. Дослідження послідовності етапів розломоутворення УЩ має значний теоретичний та практичний інтерес зумовлений, по-перше, визначальною роллю розривних порушень в тектоногенезі і, по-друге, виявленою приуроченістю до зон розломів багатьох родовищ корисних копалин. В західній частині УЩ методами польової тектонофізики досліджено ряд зон розломів, з'ясовано їх внутрішню будову, морфокінематику і сформульовано закономірності деформування масивів гірських порід. Виконане автором тектонофізичне дослідження мегаблоків західної частини УЩ дозволяє змодельювати розвиток зміни НДС різних частин мегаблоків у просторі і часі. Одержані результати є кроком до побудови загальної геодинамічної моделі формування земної кори регіону, висвітлюють тектонічні процеси, що відбувалися у протерозої, і вказують напрямок подальших досліджень. Узагальнено дані про розміщення родовищ і рудопроявів рідкісних, рідкісноземельних, чорних і благородних металів та графіту, які зіставлено зі схемою розломно-блокової структури щита, побудованою за результатами тектонофізичних досліджень. Показано, що 94 % родовищ і рудопроявів даних груп пов'язані саме з зонами розломів. Встановлено додаткові прогностичні критерії на пошуки рідкісних та благородних металів.

**Особистий внесок здобувача.** Основні наукові результати та висновки, викладені в дисертаційній роботі, отримані здобувачем особисто або у співавторстві та опубліковані в журналах, які входять до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з геологічних наук.

Особистий внесок автора в основні роботи, виконані в співавторстві, визначається наступним чином.

У статті [Трипольский и др., 2013] автором виконано кінематичну інтерпретацію зон розломів та тектонічних процесів для Інгульського та Середньопридніпровського мегаблоків. Брав участь у виділенні геолого-геофізичних критеріїв потенційних сейсмогенних зон.

У статті [Гинтов и др., 2013, в] на прикладі УЩ автором показано, що комплексування структурно-парагенетичного (СПМТ) та кінематичного (КМТ) методів, дозволяє прослідкувати тектонічні процеси в часі, без яких кінематичні

та геодинамічні побудови неможливі. Будував Схему переміщення Західної та Східної мікроплит УЩ для пізнього архею – раннього протерозою.

У статтях [Гинтов и др., 2013, б; Муровская и др., 2016; Малицький та ін.] автор особисто виконував польові тектонофізичні дослідження в межах Українських Карпат. Розглянуто особливості комплексування СПМТ і КМТ. Визначено НДС даної ділянки. Проведено обробку польових досліджень, що виконувались автором.

У роботах [Гинтов и др., 2013, а; Гинтов, Мычак, 2014, 2018; Мычак и др., 2016, 2018, а, 2018, б, Степанюк, 2018] автор брав участь у постановці задачі. Виконував польові тектонофізичні дослідження та інтерпретацію результатів і визначення полів тектонічних палеонапружень в межах західної частини УЩ. Особисто будував схеми кінематики районів західної частини УЩ, які були досліджені, і вносив поправки в геологічні карти та схеми на основі нових тектонофізичних матеріалів.

У статтях [Ентин и др., 2015, Гинтов и др., 2016, 2017, 2018, а, б; Гинтов та ін., 2018] автор будував і вносив поправки в геологічні карти та схеми на основі нових тектонофізичних матеріалів. Більшість висновків щодо структурних і кінематичних особливостей досліджених районів західної частини УЩ зроблено автором.

У статтях [Нечаев и др., 2019, а, б] брав участь в детальній характеристиці зон розломів. Займався питанням щодо віку закладання зон розломів і співвідношення їх з часом формування рудної мінералізації. Безпосередньо автором виконувались польові тектонофізичні дослідження та інтерпретація результатів і визначення полів тектонічних палеонапружень в межах Побузького гірничорудного району.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати досліджень викладено та обговорено на: Міжнародній науковій конференції «Rodinia 2013: Supercontinental Cycles and Geodynamics Symposium» (Moscow, Russia, 20–24 May 2013); Міжнародній науковій конференції «31st Nordic Geological Winter Meeting» (Lund, Sweden, January 8–10 2014); III Міжнародній науковій конференції «Актуальні проблеми геосередовища і зонуючих систем. (Київ, 3–5 жовтня 2017 р.); VII Всеукраїнській молодіжній науковій конференції «Ідеї та новації в системі наук про Землю», (Київ, 23–27 жовтня 2017 р.); XVII International Conference «Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects», (Kiev, Ukraine, 14–17 May 2018); Науковій конференції «Геологія і корисні копалини України» (Київ, 2–4 жовтня 2018 р.); Всеукраїнській молодіжній науковій конференції «Ідеї та новації в системі наук про Землю», (Київ, 10–12 квітня 2019 р.).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в двох колективних монографіях та 20 статтях (11 входять до міжнародних наукометричних баз Web of Science, Index Copernicus), з них 3 – без співавторів, а також у 9 тезах доповідей на міжнародних наукових конференціях і симпозиумах.

**Структура і обсяг дисертації.** Робота виконана на 364 сторінках машинописного тексту, складається з анотації, вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 273 сторінки. Робота ілюстрована 119 рисунками та 12 таблицями. Список використаних джерел містить 227 найменувань.

**Подяки.** Здобувач висловлює подяку академіку НАН України, доктору фіз.-мат. наук, професору Віталію Івановичу Старостенку за всебічну підтримку.

Автор дисертаційної роботи висловлює подяку науковому консультанту член-кореспонденту НАН України, доктору геол.-мін. наук, професору Олегу Борисовичу Гінтову за допомогу у постановці задачі, поради, за багаторічні наукові консультації та всебічну підтримку при виконанні роботи.

Автор з вдячністю згадує доктора геолого-мінералогічних наук, професора університету м. Лунд, Швеція Світлану Веніамінівну Богданову, спільні наукові дослідження з якою сприяли становленню автора як науковця.

Приношу слова вдячності усім співробітникам Інституту геофізики, які брали участь в польових тектонофізичних дослідженнях в межах західної частини УЩ, в інтерпретації даних і підготовці наукових статей.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, її мета і окремі завдання, наведено методи досліджень, матеріали про наукову новизну одержаних результатів, особистий внесок здобувача, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами та практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі «Структура західної частини Українського щита за сучасними геофізичними та геологічними даними»** коротко розглянуто історію геолого-геофізичного вивчення цієї частини УЩ. У 20–30-ті роки минулого століття її геологічну будову почали вивчати В. М. Чирвінський, В. І. Лучицький, М. І. Безбородько, Д. Н. Соколов, Л. Г. Ткачук. Вже тоді на геологічних картах з'явилися Тальнівська і Немирівська зони розломів. В перші ж роки після Другої світової війни дослідження тут продовжили В. Г. Бондарчук, І. І. Чабаненко, М. П. Семенов, М. П. Щербак, І. С. Усенко, Ю. Ір. Половінкіна, з'явилися перші схеми тектонічного районування УЩ, в основу яких були покладені напрямки складчастості докембрійських комплексів. Геологічну зйомку території досліджень в масштабі 1:200 000 виконували М. Т. Вадимов, Г. Ю. Фурса, Г. М. Козловська, В. С. Перельштейн, В. А. Рябенко та ін. Геофізичними роботами, які супроводжували геологічну зйомку, керував В. І. Андрух, узагальнення і геологічну інтерпретацію геолого-геофізичних матеріалів виконував Г. К. Кужелов, який першим показав, що в магнітному і гравітаційному полях чітко відображається геологічна структура кристалічного фундаменту УЩ і вказав на його блокову будову.

В 50–60-ті роки до цих дослідників приєдналися геологи Я. М. Белєвцев, О. К. Прусс, Г. Г. Виноградов, А. Я. Древін, Л. С. Галецький, С. І. Гурвіч, О. С. Драннік, К. Ю. Єсипчук, Е. Б. Налівкіна, група Є. М. Лазько і В. П. Кирилюка та ін., геофізики В. Б. Соллогуб, А. В. Чекунов, Г. С. Бутаков, В. М. Єгоров, В. І. Старостенко, О. Б. Гінтов, Б. С. Германов, К. Д. Столяренко, О. Г. Яненко та ін. Розпочалося детальне геологічне вивчення (масштабу 1:50 000) окремих найбільш перспективних районів – Побузького гірничорудного, Суцано-Пержанського та ін., а також вивчення глибинної будови регіону методом глибинного сейсмічного зондування.

Остання чверть минулого та початок нинішнього століть ознаменувалися досить глибоким узагальненням геолого-геофізичних матеріалів, одержаних в

межах досліджуваної території. Найбільш активну участь в цьому процесі, окрім вже згаданих дослідників, приймали геологи І. Б. Щербаков, С. В. Нечаєв, С. В. Металіди, В. М. Павлюк, Л. М. Степанюк, В. В. Шевчук, Л. В. Шумлянський, М. М. Костенко, В. М. Клочков, А. С. Войновський, Л. В. Бочай, геофізики З. О. Крутиховська, І. К. Пашкевич, С. С. Красовський, П. Я. Купрієнко, геофізики Української геологічної компанії під керівництвом В. А. Єнтіна, Т. В. Нечаєвої та ін. Широко застосовувались нові геологічні методи картування – структурно-формаційний (Є. М. Лазько та ін.), тектонофаціальний (Є. І. Паталаха, О. І. Лукієнко). Глибинні геофізичні дослідження перейшли на нові модифікації глибинного сейсмічного зондування (під керівництвом В. І. Старостенко), МТЗ-МВП (під керівництвом І. М. Логвінова та Т. К. Бурахович). Широко впроваджені методи польової тектонофізики (під керівництвом О. Б. Гінтова), які виконувались в районі досліджень В. М. Ісаєм, В. Б. Кобилянським, А. О. Аронським, П. В. Біличенко, Г. В. Муровською.

Було завершено геологічну зйомку масштабу 1:200 000 всієї території і масштабу 1:50 000 її значних ділянок. Складено схеми мегаблокового поділу УЩ, в які різними авторами вкладалися різні принципи – формаційний, блоковий, блоково-формаційний. Для уніфікації методики геологічного довивчення території УЩ і підготовки до видання геологічних карт масштабу 1:200 000 Національним стратиграфічним комітетом (НСК) України в 2004 р. затверджено Схему тектонічного районування УЩ, яка діє й сьогодні. Ця схема викликає зауваження з боку і геологів, і геофізиків саме для західної частини УЩ, що знайшло відображення у великій кількості публікацій. Потрібно зауважити, що розломно-блокова і мегаблокова, структура УЩ через його слабку відслоненість повинна спиратися на геофізичні матеріали. Основними першопрохідцями та авторами схем розломно-блокової тектоніки УЩ, починаючи з середини ХХ ст., були саме геофізики (Г. К. Кужелов, К. Ф. Тяпкін, З. О. Крутиховська, В. Б. Соллогуб, А. В. Чекунов, В. І. Старостенко, О. Б. Гінтов, І. К. Пашкевич, В. А. Єнтін та ін.).

В розділі наведені новітні карти аномального магнітного та гравітаційного полів, карта рельєфу поверхні Мохо та інші матеріали, інтерпретація яких дає підстави для висновків про конкретні структури західної частини УЩ. Карти одержані в Інституті геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України та в Українській геологічній компанії. Встановлено, що формування мегаблокових структур УЩ почалося не раніше неоархея, а ранньопротерозойські процеси регіональної гранітизації і динамометаморфізму кардинально змінили склад і структуру земної кори. Геофізичні дані, підтвержені геологічними і тектонофізичними спостереженнями, чітко фіксують протерозойські зони розломів, які почали формуватися після 2,50 млрд років тому. Вони перетинають і деформують як архейські, так і ранньопротерозойські гранітоїдні комплекси, при цьому супроводжуються процесами інтенсивного діафорезу, метасоматозу і рудоутворення. В межах західної частини УЩ дисертантом тектонофізично досліджені десять великих зон розломів, серед яких шість міжмегаблокових – Суцано-Пержанська, Немирівська, Сарненсько-Варварівська, Звіздаль-Заліська, Гайворонська, Тальнівська (див. розділ 3).



З огляду на геофізичні дані, дисертантом показано, що чинна на даний час Схема тектонічного районування УЩ повинна бути відредагована, а саме (найбільш принципові зміни): Дністровсько-Бузький мегаблок ділиться на Подільський і Бузький Немирівською зоною розломів; північна межа Подільського мегаблоку проводиться по Тетерівській та Сарненсько-Варварівській зонах розломів; межа між Росинсько-Тікицьким, Волинським і Подільським мегаблоками проводиться по Звездаль-Заліській зоні розломів; західна межа Інгульського мегаблоку проводиться по Тальнівській зоні розломів; Голованівська шовна зона (ГШЗ) виділяється особливим знаком, але включається до складу Інгульського мегаблоку (рис.1) [Гінтов та ін., 2018].

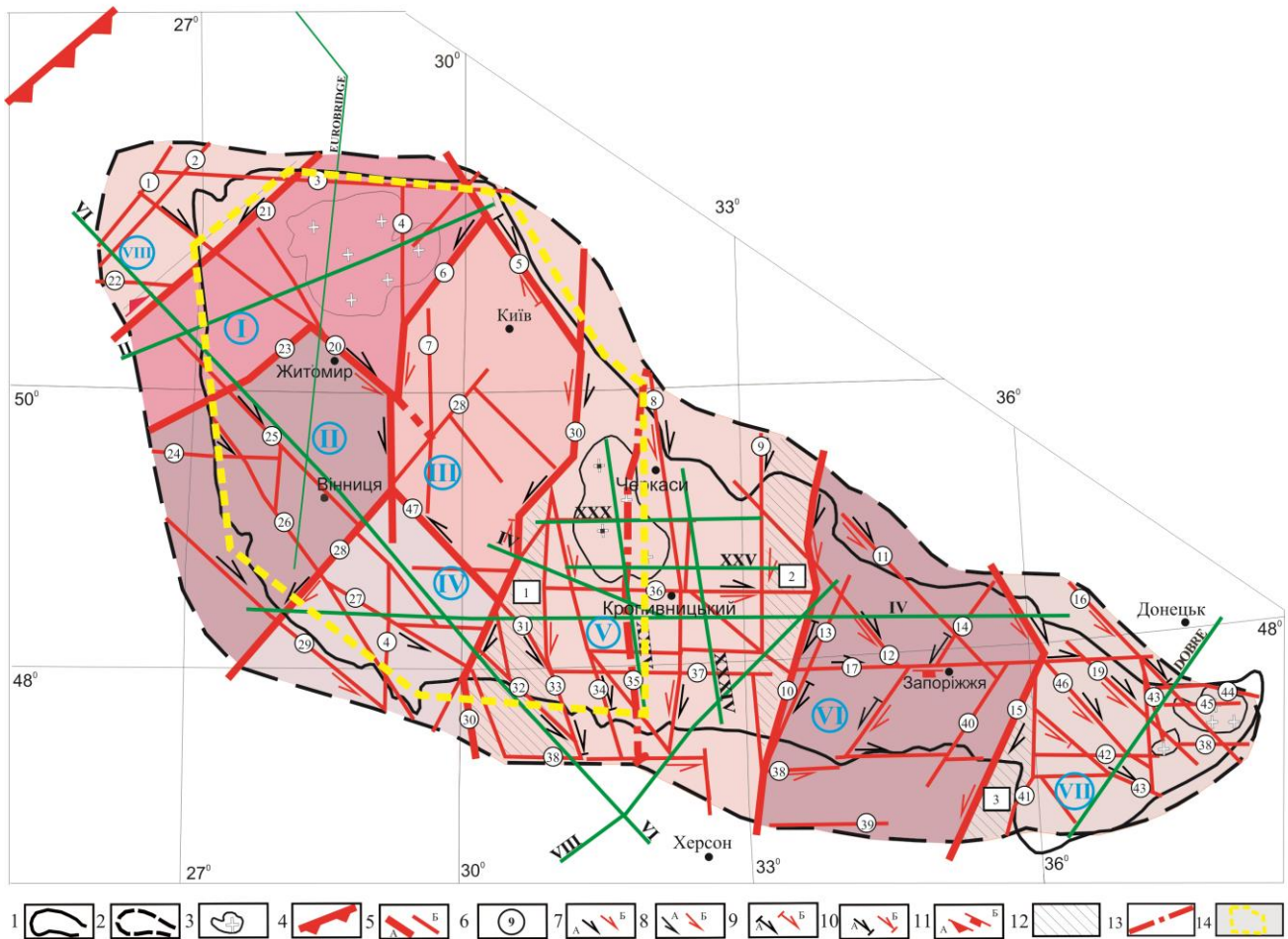


Рис 1. Схема мегаблоків і зон розломів Українського щита та його схилів [Гинтов и др., 2013, в]: 1 – контур відслоненої частини щита; 2 – контур схилів щита, в межах яких простежуються складчасті і розривні структури докембрійського фундаменту за геофізичними даними; 3 – плутони і великі інтрузивні масиви гранітоїдів; 4 – межа між Сарматією і Фенноскандією; 5 – зони розломів (*a* – міжмегаблокові *b* – внутрішньомегаблокові); 6 – номери зон розломів; кінематичні знаки: 7 – правий зсув (*a* – під час закладання, *b* – під час головної фази активізації); 8 – лівий зсув (*a* і *b* – те саме, що і в п. 7); 9 – підкидо-зсув (*a* і *b* – те саме, що і в п. 7); 10 – скидо-зсув (*a* і *b* – те саме, що і в п. 7); 11 – підкид (*a*) і скид (*b*); 12 – шовні зони (цифри в квадратах): 1 – Голованівська, 2 – Інгулецько-Криворізька, 3 – Оріхів-Павлоградська; 13 – трансрегіональний

тектонічний шов Херсон–Смоленськ; 14 – район досліджень. *Мегаблоки*: I – Волинський; II – Подільський; III – Росинський; IV – Бузький; V – Інгульський; VI – Середньопридніпровський; VII – Приазовський; VIII – Волино-Поліський вулcano-плутонічний пояс. *Зони розломів (арабські цифри в кружках)*: 1 – Горинська, 2 – Луцька, 3 – Поліська, 4 – Звіздаль-Заліська, 5 – Ядлів-Трактеміровська, 6 – Чорнобильська, 7 – Брусилівська, 8 – Кіровоградська, 9 – Західно-Інгулецька, 10 – Криворізько-Кременчуцька, 11 – Дніпродзержинська, 12 – Світловодська, 13 – Саксаганська, 14 – Дерезуватська, 15 – Оріхово-Павлоградська, 16 – Центрально - Волноваська, 17 – Девладівська, 18 – Мало-Янисольська, 19 – Краснополянська, 20 – Сарненсько-Варварівська, 21 – Суцано-Пержанська, 22 – Володимир-Волинська, 23 – Тетерівська, 24 – Хмельницька, 25 – Хмільникська, 26 – Летичівська, 27 – Ободівська, 28 – Немирівська, 29 – Подільська, 30 – Тальнівська, 31 – Ємилівська, 32 – Врадіївська, 33 – Первомайська, 34 – Звенигородсько-Братська, 35 – Новоукраїнська, 36 – Суботсько-Мошоринська, 37 – Бобринецька, 38 – Конкська, 39 – Горностаївська, 40 – Малокатеринівська, 41 – Азовсько-Павлівська, 42 – Куйбишівська, 43 – Сорокинська, 44 – Південно-Донбаська, 45 – Верхньокомишуватська, 46 – Центральноприазовська, 47 – Дашівська.

У другому розділі «Методика вивчення напружено-деформованого стану західної частини Українського щита» окрім відомих, за М. В. Гзовським, О. І. Гущенко, О. Б. Гінтовим, базових положень СПМТ і КМТ розглянуто особливості внутрішньої будови зон розломів УЩ [Гінтов та ін., 2017], важливі для структурної прив'язки рудопроявів досліджуваного району; методи дослідження СТЕ гірських порід; особливості комплексування СПМТ і КМТ [Гинтов и др., 2013, б, в; Муровская и др., 2016; Малицький та ін., 2017]; способи побудови відносної та абсолютної хронологічної шкали деформаційних процесів; принципи побудови схеми розломно-мегаблокової тектоніки УЩ. Утворення зон розломів пов'язане не лише з геодинамічними процесами і НДС літосфери, але й з такою важливою характеристикою, як жорсткість або в'язкість літосферних блоків: зони розломів формуються на межах ділянок кори і літосфери різного петрологічного типу, відповідно з різними фізичними характеристиками. З цим і пов'язана концентрація розломів в зони. Однотипні блоки об'єднуються в більш великі структури – мегаблоки, які також відрізняються своїми петрологічними і фізичними характеристиками і здебільшого не мають прямого зв'язку з сучасними контурами УЩ.

Докембрійські зони розломів УЩ виведені на докайнозойську поверхню, як і весь кристалічний фундамент, з великих глибин, тому до них застосовуються не форми прояву структур, одержувані в моделях на еквівалентних матеріалах, а геометричні та парагенетичні структурні закономірності, встановлені в таких моделях. Це перевірено на численних відслоненнях УЩ [Мичак, 2014, Мычак, 2015; Мычак и др., 2016; Мычак и др., 2018; Мичак та ін., 2018; Степанюк та ін., 2018]. Обернена задача тектонофізики – встановлення полів напружень і деформаційних режимів за матеріалами польових вимірів і спостережень –

ґрунтується на ідеях і правилах, сформульованих Е. М. Андерсоном, В. Ріделем, М. В. Гзовським, С. С. Стояновим, Д. Маккензі, О. І. Гущенком. У дисертаційній роботі використано низку методів реконструкцій головних параметрів полів палеонапружень: СПМТ (аналіз за різними парагенезисами тріщин) та КМТ (аналіз за дзеркалами ковзання). Для побудови стереограм директивних структур і тріщинуватості гірських порід застосовувалися програми Stereonet та Win-Tensor. Отримані дані дозволяють визначити основні параметри полів палеонапружень ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$ ). Знаючи напрямки головних осей напружень, вирішуються важливі для загального тектонічного аналізу питання: визначення деформаційних режимів (стан стиснення чи розтягу), глибинності деформаційних процесів і величини напружень та хронологічної послідовності цих процесів.

При вивченні внутрішньої структури розломів автор користувався методологією і термінологією, прийнятою в дослідженнях О. Б. Гінтова та В. В. Шевчука зі структурного аналізу гірських порід, зокрема виконувались заміри елементів залягання політектонітів (від тектонічної брекчії до ультрамілонітів, від бластокатаклазитів до бластоультрамілонітів) і вторинних СТЕ – смугастості (мігматитової, гранітогнейсової), сланцюватості (деформаційної і кристалізаційної), кліважу, лінійності, а також мігматит-граніто-гнейсових монокліналей. Інше питання стосується систем тріщин сколювання і відриву, які січуть породи кристалічного фундаменту, зокрема політектоніти і СТЕ зон сколювання. Раніше при тектонофізичному вивченні таким накладеним системам тріщин не приділялося достатньо уваги, хоча вони утворюють чіткі структурні парагенезиси для умов II і III рівнів глибинності і можуть бути використані для визначення НДС блока на відносно пізніх етапах тектогенезу. Цьому типу розривів у дисертації приділено особливу увагу.

Процеси розломоутворення відбувались здебільшого у вже регіонально гранітизованій корі, причому гранітизація і гранітоутворення в межах щита проходили циклічно: в палео-, мезо- та неоархеї, палеопротерозої. В тектонофізиці хронологічна шкала деформацій ранньодокембрійських комплексів починається з моментів, що фіксуються після процесів регіонального метаморфізму і гранітизації гірських порід. Ці процеси складають первинну основу ранньодокембрійських тектонічних циклів, на фоні яких і розвиваються етапи та фази розломоутворення.

Для кожного району або регіону розвитку досліджуваних комплексів раннього докембрію є дві вікові шкали деформаційних процесів – відносна та абсолютна. Перша будується на основі вивчення взаємовідношення розломів між собою: більш молоді зони сколювання або сколи і тріщини деформують більш древні, другі вигинаються і підвертаються під перші або зміщуються. Абсолютний вік розломоутворення визначається при дослідженні співвідношення процесів динамометаморфізму з процесами пороудоутворення, радіохронологічний вік яких відомий. Він корелюється з віком найбільш древніх серій і комплексів, формування яких пов'язане з зоною розломів. Приклад хронологічної шкали етапів розломоутворення для території дослідженого району наведено в табл. 1, а пов'язані з цими етапами поля тектонічних напружень винесено на рис. 4.

Таблиця 1. Основні етапи деформації земної кори західної частини УЩ на часовому відрізку  $\geq 2,50$ –1,73 млрд років тому

Час, млрд років	Західна частина УЩ		
	Етап розломоутворення Зони розломів	Деформаційний режим	$\sigma_1, \sigma_3$
1,85 – 1,73	<b>Х. Коростенський (уявний)</b>	розтяг	333/00, 63/00
	<b>ІХ. Суботсько-Мошоринський</b> Звіздаль-Заліська, Поліська, Конкська, Смілянська, Гайворонська, Заваллівська	транстенсія, правий зсув	315/00, 45/00
1,99	<b>VIII. Немирівський (Лелеківський)</b> Немирівська, Тетерівська, Суцано- Пержанська, Богуславська, Чорнобильська,	транспресія лівий зсув	03/00, 273/00
	Сарненсько-Варварівська, Хмільницька, Подільська	правий зсув	
2,05 – 2,04	<b>VII. Херсон-Смоленський</b>	зсуво-розтяг	08/00, 278/00
	<b>VI. Маньківський</b> Маньківська, Красносільська, Гайворонська (активізація), Заваллівська (активізація)	лівий зсув	20/00, 290/10
	<b>V. Умансько-Новоград-Волинський</b>	зсуво-розтяг	301/00, 31/00 31/00, 301/00
2,30	<b>IV. Тальнівський</b> Тальнівська	транспресія, правий зсув	74/30, 328/20
2,45	<b>III. Західно-Інгулецький</b> Західно-Інгулецька, Гайворонська (закладання), Заваллівська (закладання)	транспресія, правий зсув	43/10, 308/20
	<b>II. Первомайський</b> Первомайська, Звенигородсько-Братська		38/40, 285/20
>2,50	<b>I. Ємилівський</b> Ободівська, Ємилівська,	лівий зсув	71/00, 341/00
	Летичівська, Владівська		263/20, 359/14

Наведені результати досліджень розломно-блокової структури західної частини УЩ виявили необхідність побудови нової карти. Дисертант прийняв

активну участь у роботі групи геофізиків ІГФ НАН України і Української геологічної компанії, яка виступила з ініціативою створення Схеми розломно-мегаблокової структури УЩ масштабу 1:500 000 [Гінтов та ін., 2017]. Не можна не підкреслити основну ідею цього дослідження, що розломи і зони розломів – це досить потужні геологічні тіла, які характеризуються специфічними внутрішньою структурою і породними комплексами.

Потрібно відмовитись від практики зображення міжмегаблокових, внутрішньо- і трансмегаблокових зон розломів однією або двома лініями, немов деяких умовних структур, для яких речовинне наповнення не таке важливе, як для інших геологічних структур. Зони розломів, що представлені метаморфічними, магматичними і метасоматичними утвореннями, в багатьох випадках супроводжуються утворенням родовищ корисних копалин. В роботі наводиться приклад побудови схеми розломно-блокової тектоніки аркуша М-36-XXXI (Первомайськ) масштабу 1:500 000, що ґрунтується на цій ідеї.

У третьому розділі «Результати тектонофізичних досліджень західної частини Українського щита» викладено матеріали польових робіт дисертанта, які було покладено в основу теоретичних висновків. Автор виконав тектонофізичні дослідження – встановлення НДС земної кори та внутрішньої структури і кінематики зон розломів – в межах Волинського, Подільського, Бузького, Росинського, Інгульського (західної частини) мегаблоків УЩ, що дозволяє відтворювати картину зміни НДС різних частин мегаблоків у просторі і часі. Особливу увагу було приділено Побузькому гірничорудному району (ПГРР) з метою вирішення деяких дискусійних тектонічних питань і розробки детальних пошукових критеріїв на ряд металевих і неметалевих корисних копалин.

**Волинський мегаблок.** Тектонофізичні дослідження виконувалися автором в межах чотирьох районів мегаблоку – Сущано-Пержанській зоні розломів (СПЗР) (СТЕ – 92 заміри, елементи залягання тріщин гірських порід – 529 замірів), Новоград-Волинському масиві (Н-ВМ) (СТЕ – 32 заміри, елементи залягання тріщин гірських порід – 572 заміри), Коростенському плутоні (КП) габро-анортозитів і рапаківі (СТЕ – 60 замірів, елементи залягання тріщин гірських порід – 2000 замірів) та Овруцькій грабен-синкліналі (елементи залягання тріщин гірських порід – 337 замірів).

Формування СПЗР, яка відділяє Волинський мегаблок від Волино-Поліського вулканоплутонічного поясу, тривало протягом щонайменше п'яти етапів (табл. 2). Воно супроводжувалась утворенням різноорієнтованих зон сколювання, відносний вік яких встановлюється за характером підвертань L- та R-сколів. В порядку зменшення віку виділено наступні зони сколювання та фази деформацій: Хмелівська – 140/88 (чисельник – азимут падіння, знаменник – кут падіння), Сущанська – 130/88, Пержанська – 334/50, Рудня-Хочинська – 345/42, Лопатичська – 345/83.

Хмелівська та Сущанська фази аналогічні фазам формування Немирівської та Хмільницької зон розломів немирівського етапу. Ці зони сколювання січуть і деформують як осницькі, так і житомирські граніти. Їх вік, як і всього немирівського етапу, приблизно ~ 1,99 млрд років. Рудня-Хочинська та Пержанська фази (скид та насув) пов'язані з тим, що СПЗР була досить активною в

момент взаємодії Феннокскандії і Сарматії (Bogdanova et al., 1996). Така взаємодія у вигляді стиснення і розтягу відбувалася у період формування пержанського комплексу (1,80–1,70 млрд років) [Мичак, Фарфуляк, 2019].

Таблиця 2. Фази деформацій Суцано-Пержанської зони розломів

Фази деформацій	Орієнтування осей головних нормальних напружень		Тектонічні порушення
	$\sigma_1$ (стиснення)	$\sigma_3$ (розтяг)	
Хмелівська	185°	95°	Лівий зсув
Суцанська	85°	355°	Правий зсув
Пержанська	335°	140°	Насув
Рудня-Хочинська	150°	342°	Скид
Лопатичська	300°	30°	Правий зсув

*Новоград-Волинський масив* середньо- та рівномірнозернистих біотитових гранітів житомирського комплексу розташовується в південно-західній частині Волинського мегаблока в басейні р. Случ нижче і вище за течією м. Новоград-Волинський. При тектонофізичному вивченні основна увага приділялась деформаційним структурам (тріщинуватості), які виникли під час охолодження масиву, тобто відображають час його формування. Результати визначення НДС масиву показують, що під час охолодження він формувався в єдиному регіональному полі тектонічних напружень  $\sigma_1 - 301^\circ$ ,  $\sigma_3 - 31^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$ . Деформаційний режим – правий зсуво-розтяг [Мичак, 2014].

Напружено-деформований стан *Коростенського плутону* вивчався автором за характером тріщинуватості на площі розвитку габро-анортозитів Володарськ-Волинського, Федорівського та Чоповицького масивів і гранітів рапаківі в кар'єрах та відслоненнях по річках Уж, Ірша, Жерев у містах Коростень, Малин, Радомишль та їх околицях. Було зроблено висновок, що формування вивчених систем тріщин відбувалося при охолодженні плутону на глибині 2–5 км в умовах крихкості та квазікрихкості [Гинтов, Мичак, 2014]. Для масивів габро-анортозитів і рапаківіподібних гранітів встановлено поле напружень зсуво-розтягу з азимутом орієнтації осей  $\sigma_1 = 333^\circ$ ,  $\sigma_3 = 63^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$ .

В межах *Овруцької грабен-синклінали* були досліджені вулканогенно-осадові породи збранківської світи біля с. Великі Збраньки та кварцито-пісковики товкачівської світи овруцької серії у кар'єрах с. Першотравневе під м. Овруч. Це внесло додаткові відомості про НДС земної кори досліджуваного району в кінці і після формування КП. Поле напружень, в якому формувалися породи нижньо-збранківської світи, близьке до поля напружень плутону (338–68°), а поле напружень товкачівської світи інверсійне до них (70–340°). В породах обох світ зафіксовані також більш молоді поля напружень, пов'язані з формуванням Прип'ятської западини.

**Росинський мегаблок.** Тектонофізичні дослідження виконувались дисертантом в басейні верхньої течії р. Рось (СТЕ – 55 замірів, елементи залягання тріщин гірських порід – 1945), а також в межах Уманського (СТЕ – 55 замірів,

елементи залягання тріщин гірських порід – 726) і Богуславського (елементи залягання тріщин гірських порід – 1300 замірів) гранітоїдних масивів.

Район *басейну верхньої течії р. Рось*, розташований між містами Біла Церква і Тетіїв, знаходиться в зоні впливу таких великих зон розломів, як Немирівська, Сарненсько-Варварівська та Брусилівська. Це ускладнювало інтерпретацію матеріалів замірів тріщинуватості і СТЕ гірських порід, а також визначення тектонічних відносин між різними петрологічними комплексами: автохтонними та праавтохтонними гранітоїдами неархейського тетіївського та палеопротерозойських звенигородського і уманського комплексів з реліктами метаморфічних порід росинсько-тікицької серії [Мычак и др., 2016].

На рис. 2 та в табл. 3 наведено результати визначень полів тектонічних напружень на окремих ділянках регіону, котрі були в деяких випадках осереднені (в межах похибки).

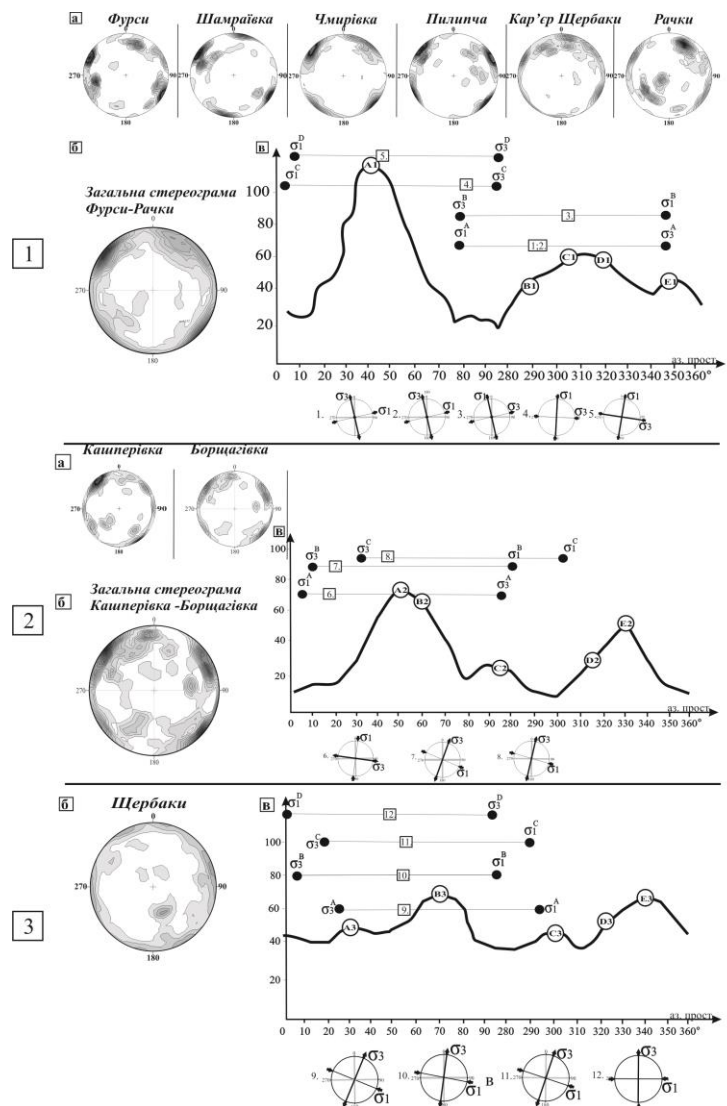


Рис. 2. Результати тектонофізичних досліджень в районі верхньої течії р. Рось: 1 – ділянка Фурси–Рачки; 2 – ділянка Кашперівка–Борщагівка; 3 – ділянка Шербаки (а – стереограми азимутів падінь тріщин; б – сумарна стереограма азимутів падінь тріщин; в – сумарний графік азимутів простягання крутопадаючих (> 70°) тріщин).

Для ілюстрації впливу зон розломів на деформації гірських порід в межах вивчених ділянок в табл. 3 наведено також результати визначення дисертантом полів тектонічних напружень для Немирівської зони розломів на ділянці с.с. Шолудьки – Стрільчинці (Подільський мегаблок, Побужжя). В земній корі басейну верхньої течії р. Рось зафіксовано майже всі (окрім суботсько-мошоринського) поля тектонічних напружень, характерні для етапів розломоутворення суміжних площ – немирівського (ділянка Фурси – Рачки), умансько-новоград-волинського і херсон-смоленського (ділянка Кашперівка – Борщагівка), інверсійного маньківського (ділянка Щербаки). За М. П. Щербаком, породи побузького і бердичівського комплексів, розвинуті на Побужжі старші порід уманського і звенигородського комплексів, можна вважати, що інверсійне поле  $\sigma_1-78^\circ$  ( $348^\circ$ ),  $\sigma_3-348^\circ$  ( $78^\circ$ ) є найбільш древнім в регіоні.

Таблиця 3. Поля тектонічних напружень на площі верхньої течії р. Рось

Номер поля	Максимуми	Сколи	Орієнтація осей головних нормальних напружень		
			$\sigma_1$ (стиснення)	$\sigma_3$ (розтяг)	$\sigma_2$
<b>Ділянка Фурси – Рачки</b>					
1	A <sub>1</sub> -B <sub>1</sub>	L- и R' <sub>1</sub>	78°	348°	└
2	A <sub>1</sub> -C <sub>1</sub>	L-и L'	78°	348°	└
3	D <sub>1</sub> -A <sub>1</sub>	R' <sub>1</sub> - и L	348°	78°	└
4	«»	«»	03°	273°	└
5	E <sub>1</sub> -A <sub>1</sub>	R' <sub>2</sub> - и R' <sub>1</sub>	09°	279°	└
<b>Ділянка Кашперівка – Борщагівка</b>					
6	A <sub>2</sub> -E <sub>2</sub>	L- и R' <sub>1</sub>	08°	278°	└
7	C <sub>2</sub> -E <sub>2</sub>	R- и R'	301°	31°	└
8	B <sub>2</sub> -C <sub>2</sub> -D <sub>2</sub>	R' <sub>2</sub> -T-R'	280°	10°	└
<b>Ділянка Щербаки</b>					
9	B <sub>3</sub> -E <sub>3</sub>	L- и L'	295°	25°	└
10	B <sub>3</sub> -D <sub>3</sub>	L- и R' <sub>1</sub>	275°	05°	└
11	«»	«»	290°	20°	└
12	B <sub>3</sub> -C <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> и R' <sub>2</sub>	270°	00°	└
<b>Ділянка Шолудьки – Стрельчинці</b>					
13	A-A	R- и R'	358°	88°	└
14	A-D	L- и R'	79°	349°	└

Напружено-деформований стан Уманського масиву вивчався автором в басейні річок Уманка (м. Умань, с.с. Городецьке, Пиковець, Гродзеве, Герженовка, Сушківка) та Ятрань (с.с. Заячківка, Коржова, Дубова). Поле напружень при застиганні масиву визначалося на основі вивчення тріщинуватості і дзеркал ковзання в уманських гранітах [Мичак, 2014]. Це поле ( $\sigma_1 - 300/00^\circ$ ,  $\sigma_3 - 30/00^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$ ) виявилось аналогічним полю напружень при формуванні Н-ВМ, що дозволило



виділити окремий умансько-новоград-волинський етап деформації земної кори (див. табл. 1 та рис. 3).

Напружено-деформований стан *Богуславського гранітного масиву* вивчався автором вздовж р. Рось в м. Богуслав та його околицях. Масив, який значно менший Уманського, безпосередньо примикає до Богуславської зони сколювання Тальнівської зони розломів і тому формувався в полі тектонічних напружень немирівського етапу розломоутворення, як і ця зона сколювання. Визначені в його межах поля 1)  $\sigma_1 - 2/00^\circ$ ;  $\sigma_3 - 272/00^\circ$ ; 2)  $\sigma_1 - 87/00^\circ$ ;  $\sigma_3 - 357/00^\circ$ ; 3)  $\sigma_1 - 282/00^\circ$ ;  $\sigma_3 - 12/00^\circ$  відповідають: поле 1 – немирівському етапу, поле 2 – інверсійному до нього. Третє поле повторює поле напружень під №8 (див. табл. 3) ділянки Кашперівка – Борщаківка (верхня течія р. Рось).

Отже, поля тектонічних напружень всіх чотирьох ділянок Росинського мегаблока відображають декілька важливих етапів деформації західної частини УЩ, серед яких найголовнішим є немирівський етап, пов'язаний з колізією мікроконтинентів Сарматії та Фенноскандії біля 2,0 млрд років тому.

**Бузький мегаблок.** Середнє Побужжя УЩ цікаве, насамперед, тим, що тут розташований відомий своїми корисними копалинами ПГРР. Основні зони розломів ПГРР, з якими пов'язані родовища і рудопрояви чорних, кольорових, рідкісних і благородних металів, – це Гайворонська (СТЕ – 134 заміри, елементи залягання тріщин гірських порід – 323 заміри), Заваллівська (СТЕ – 43 заміра, елементи залягання тріщин гірських порід – 320 замірів), Маньківська (елементи залягання тріщин гірських порід – 220), Тальнівська (елементи залягання тріщин гірських порід – 200 замірів), Молдовська (СТЕ – 70 замірів, елементи залягання тріщин гірських порід – 272 заміри), Довгопристанська (СТЕ – 50 замірів, елементи залягання тріщин гірських порід – 300 замірів), Ємилівська (СТЕ – 76 замірів, елементи залягання тріщин гірських порід – 579 замірів) і Первомайська (СТЕ – 98 замірів, елементи залягання тріщин гірських порід – 628 замірів).

До ПГРР, зокрема, відноситься східна частина Бузького мегаблока – так званий *Гайворон-Заваллівський район* (або ділянка). Геологічна вивченість цього району слугувала розвитком багатьох геологічних ідей. Район став еталонним для побудови схеми стратиграфії раннього докембрію УЩ. З іншого боку, відносно добра його вивченість відкрила простір для гострих геологічних дискусій, починаючи з робіт О. І. Слензака, які тривають дотепер. У центрі уваги опинилася стратиграфія раннього докембрію західної частини УЩ, протиставлення польових і лабораторних методів визначення віку докембрійських гірських порід, співвідношення процесів регіонального і динамометаморфізму, а також формування СТЕ в породних комплексах за рахунок первинного нашарування, або в результаті стресових навантажень [Гинтов и др., 2018, б].

Розгляд цих питань надзвичайно тісно пов'язаний з результатами вивчення розломно-блокової структури ПГРР. Останні стали в певному сенсі «перешкодою» на шляху стандартних уявлень про розчленування порід раннього докембрію УЩ *стратиграфічним методом послідовного нашарування*.

Гайворон-Заваллівська ділянка охоплює Байбузівський і Ольгопільський блоки Бузького мегаблока. Вона складена породами дністровсько-бузького структурно-формаційного комплексу (від низу до верху) – архейських гнейсово-

кристалосланцевої (з утвореннями по ній ендербітів і чарнокітів), карбонатно-гнейсової, базит-гіпербазитової формацій, і частково ранньопротерозойськими гранітоїдами. В цю ділянку необхідно також включити саму південну частину Росинсько-Тікицького мегаблока (Джулинський і Теплицький блоки), складеного породами росинсько-тікицького структурно-формаційного комплексу.

Розломно-блокова схема (рис. 3) району наводиться вперше. З неї видно, що в межах Гайворон-Заваллівського району превалюють ортогональна і північно-східна системи розломів, а також субширотна і північно-східна орієнтація масивів гірських порід. Як буде показано в розділі 4, тектонофізичне дослідження північно-східної системи зон розломів району дозволило вирішити одне з важливих геодинамічних питань. Схема суттєво відрізняється від виданої геологічної карти листа М-35-XXXVI іншим тлумаченням понять «розлом» і «зона розломів» та їх важливості для формування структури району досліджень та його рудоносності.

Центральною структурою Гайворон-Заваллівського району є Бандурівський гравітаційний максимум (один з найбільш інтенсивних в межах УЩ), який деякими геологами розглядається як синклінорій, складений кристалосланцями основного складу. Але більш прийнятною автор вважає точку зору Р. М. Довганя, що це глибинна інтрузія базитів з мантійними коренями [Гинтов и др., 2018, б]. Окрім цього, в дисертаційній роботі показано, що дана інтрузія розташовується у прямокутному блоці, обмеженому діагональною системою зон розломів – Берестягівською, Заваллівською, Березки-Чечельницькою, Могильнянською. Припускається, що цими зонами була утворена пулл-апарт структура, всередині якої земна кора була сильно послаблена і в яку піднялася мантійна інтрузія, захопивши при цьому частки середньої кори, представлені зараз гнейсо-ендербітами гайворонського комплексу.

Найбільш визначними розломними зонами району є Гайворонська, Заваллівська і Маньківська, з якими пов'язуються пошукові перспективи на рідкіснометалеві, рідкісноземельні та благороднометальні корисні копалини (див. розділ 5).

*Гайворонська зона розломів* широтного простягання складається з п'яти зон сколювання завширшки від 1 до 2,5 км кожна – Устя-Ставської, власне Гайворонської, Солгутівської, Хашуватської та Казавчинської. На геологічних картах такі зони зазвичай зображуються окремими розломами, але при польовому вивченні чіткої межі між ними не видно. Нажаль, не всі геологи розглядають смугастість і сланцюватість докембрійських гірських порід як ознаку зони зсуву. Кінематично всі зони сколювання однакові: закладалися як ліві зсуви в полі напружень:  $\sigma_1 - 45^\circ$ ,  $\sigma_3 - 315^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$ . Отримане поле напружень відноситься до західно-інгулецького етапу розломоутворення (Гинтов, 2005) віком 2,45 млрд років тому. Активізація відбулася на суботсько-мошоринському етапі 1,80–1,85 млрд років тому в полі напружень  $\sigma_1 - 315^\circ$ ,  $\sigma_3 - 45^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$ .

За даними виконаних в районі тектонофізичних досліджень межа між Бузьким і Росинським мегаблоками проходить вздовж Хмільниківської зони розломів, Устя-Ставської зони сколювання і Берестягівської зони розломів (рис. 3).

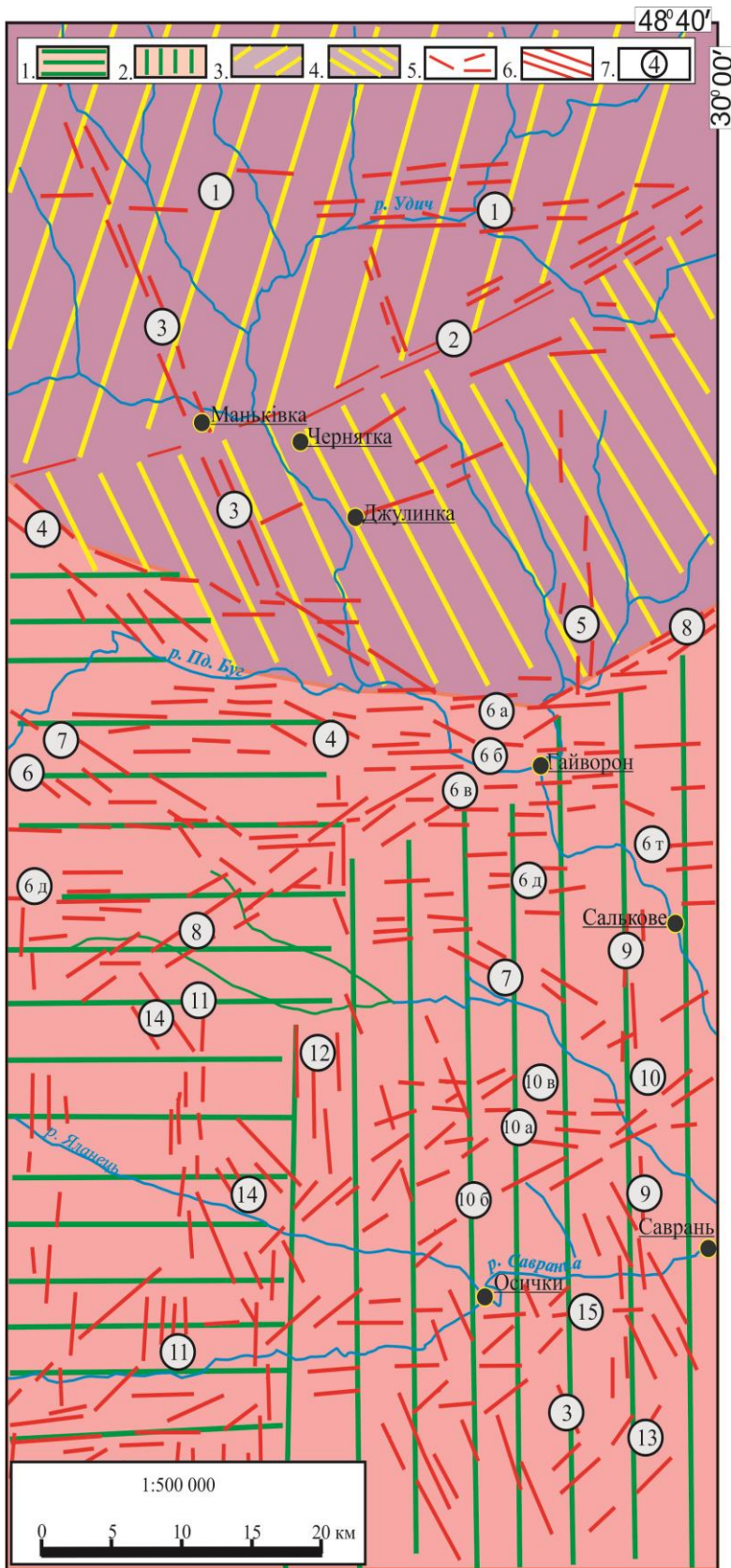


Рис. 3. Спрощена розломно-блокова схема району досліджень [Нечаев и др., 2019, б] (за основу було взято Тектонічну схему кристалічного фундаменту листа М-35-XXXVI (Гайворон), за (Кислюк та ін., 2011)): 1–4 – структурно-тектонічне районування: Гайворонський блок I порядку (1, 2) з блоками II порядку: Ольгопільський (1), Байбузівський (2); Уманський блок I порядку (3, 4) з блоками II порядку: Теплицький (3), Джулинський (4); 5 – ешелоновані сколи; 6 – зони сколювання; 7 – номери зон розломів і зон сколювання: 1 – Костюківська, 2 – Маньківська, 3 – Красносільська, 4 – Хмільницька, 5 – Долинівська, 6 – Гайворонська з зонами сколювання (6 а – Устя-Ставською, 6 б – власне Гайворонською, 6 в – Солгутівською, 6 г – Хашуватською, 6 д – Казавчинською); 7 – Ободівська, 8 – Берестягівська, 9 – Кам'янська, 10 – Заваллівська з зонами сколювання (10 а – власне Заваллівською, 10 б – Піщансько-Жакчикською, 10 в – Яланецькою); 11 – Михайлівська, 12 – Голдашівська, 13 – Йосипівська, 14 – Березки-Чечельницька, 15 – Гетьманівська.

*Заваллівська зона розломів* виділяється тільки на підставі геофізичних даних і матеріалів детальної розвідки і розробки Заваллівського графітового родовища. Її південно-східна частина є зоною сколювання завширшки близько 2 км і протяжністю (між с.с. Піщана, Савранське і Жакчик) до 25 км, має північно-східне простягання  $60\text{--}70^\circ$  і субвертикальне падіння. Геофізичні дані дозволили виділити

ще одну зону сколювання північно-східного простягання – Яланецьку, паралельну зоні Піщана – Жакчик. Ця зона перетинає р. Південний Буг в районі кар'єра Козачий Яр і проходить в південній частині Яланецького водосховища. Також встановлено, що широтне простягання ешелонованих сколів не менш характерне для Заваллівської зони розломів, ніж північно-східне. Тому було виділено й власне Заваллівську зону сколювання широтного простягання, яка проходить через Заваллівський графітовий кар'єр. Вона є повним аналогом зон сколювання Гайворонської зони розломів. Поля тектонічних напружень, в яких формувалася і активізувалася власне Заваллівська зона сколювання,  $\sigma_1 - 45^\circ$ ,  $\sigma_3 - 315^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$ ,  $\sigma_1 - 315^\circ$ ,  $\sigma_3 - 45^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$  [Мичак та ін., 2018]. Поля напружень, в яких формувалися зони сколювання Піщана – Жакчик і Яланецька,  $\sigma_1 - 20^\circ$ ,  $\sigma_3 - 290^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$  – лівий зсув (маньківський етап).

В геологічній літературі, присвяченій Гайворон-Заваллівському району, давно укорінилася назва «Заваллівська синкліналь», хоча її синклінальний характер постулювали не за структурною ознакою, зогляду на розвиток гнейсів, кристалічних сланців, кварцитів і кальцифірів. Проте немає ніяких структурних ознак, які б підтверджували центриклінальне падіння порід, наявність пологих шарнірів, симетрично розташованих однотипних порід на крилах. Всі породи мають тут субвертикальне падіння як в центрі, так і на крилах «синкліналі», а там, де повинна була б проходити її осьова лінія або осьова площина, не спостерігаються замки або перегини шарів. Водночас скрізь видно ознаки метасоматозу, динамометаморфізму і скарноутворення, спільну кристалізацію графіту і кварцу, тектонічні контакти між шарами, які відзначалися С. В. Нечаєвим та В. М. Сьомкою, К. А. Шакіною та Л. З. Скакуном, Л. М. Степанюком, зсувні переміщення, розсланцювання, дроблення, мілонітизацію.

Отже, приходимо до висновку, що Заваллівське графітове родовище розташоване всередині Заваллівської зони розломів, яка вміщує велику лінзу порід гідротермально-метасоматичного походження, перетворених в результаті регіонального метаморфізму, динамометаморфізму і гранітизації в гнейси, кристалосланці, мігматити, кварцити і магнезіальні скарни. Лінза утворилася при формуванні зони розломів, а остаточний процес її перетворення завершився, за (Степанюк, 2000), приблизно 1,91 млрд років тому.

*Маньківська зона розломів* завдовжки понад 35 км супроводжується на всьому протязі досить вузькою (до 1,5 км) магнітною аномалією інтенсивністю до 1500 нТл і не проявлена в гравітаційному полі. Це свого часу наштовхнуло В. А. Єнтіна (Єнтин, Лукаш, 1998) зробити припущення, що в даному випадку ми маємо справу з дайкою порід середнього складу, приуроченою до зони розлому. У 2018 р. тут під керівництвом дисертанта були проведені геолого-геофізичні дослідження, в результаті яких, по-перше, було виділено новий, маньківський етап розломоутворення (поле тектонічних напружень  $\sigma_1 - 20^\circ$ ,  $\sigma_3 - 290^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$  – лівий зсув) і, по-друге, відібрано зразки дайкоподібних та вмисних порід, які були вивчені петрологічно в ІГМР НАН України (В. М. Бельським) та Українській геологічній компанії (Ю. В. Гейко), а магнітні властивості – в Інституті геофізики НАН України (під керівництвом М. І. Орлюка). В результаті виявилось, що дайкоподібна порода – це дійсно дайка основного чи середнього складу типу лампрофіру –

спесартиту (для точного визначення було недостатньо матеріалу), не звичного для району Середнього Побужжя. Вміщуючі породи – насичені магнетитом (собіти). Таким чином, можна зробити висновок, що Маньківська структура – це серія подрібнених і гранітизованих дайок, перетворених на собіти і залишених серед них в якості ксенолітів.

**Інгульський мегаблок.** В західній частині мегаблока дисертантом вивчалася центральна частина ГШЗ, яка є головною структурою ПГРР. Складено структурно-петрофізичну і тектонофізичну основу центральної частини ГШЗ, на якій, на відміну від звичних геологічних карт, відображено практично всі геологічні тіла, що зображені на великомасштабних геофізичних (магнітних і гравітаційних) картах, геолого-петрофізичні таксони і структурно-кінематичні дані для поверхні докембрійського фундаменту регіону [Гинтов и др., 2016, 2018, а].

На прикладі *Тарасівської структури ГШЗ* досліджено геологічну природу унікальних базит-метабазитових масивів ПГРР, до яких відносяться також овалоподібні, розмірами 6×4 км, Бандурівський і Троянський масиви. Спільність морфології і петрографічного складу цих структур знайшла відображення в аномальному магнітному і гравітаційному полях, за якими однозначно визначено їх завершений овальний зовнішній вигляд і внутрішню концентрично-зональну будову. Відзначено регіональну приуроченість всіх трьох структур до епіцентрів найбільших на УЩ Голованівського і Бандурівського максимумів сили тяжіння. Загальна подібність проявів Бандурівської, Троянської та Тарасівської структур в геофізичних полях визначається наявністю контрастно виражених квазіовальних максимумів аномалій Буге, що знаходяться в обрамленні вузького пояса позитивних магнітних аномалій. З урахуванням даних проведеного буріння встановлено, що головну роль в будові Троянської, Тарасівської і Бандурівської структур відіграють щільні породи базит-метабазитового складу, які мають різну ступінь намагніченості і до яких приурочений ряд геохімічних аномалій і рудопроявів. Останнім часом інтерес до зазначених структур виник у зв'язку з проведенням пошукових робіт на апатит-ільменітові і апатитові руди на площі Троянської і Тарасівської структур [Гинтов и др., 2018, б].

В свій час у геологів сформувався уявлення (яке існує й досі), що Тарасівська, Троянська та Бандурівська структури є ядрами синклінальних складок загального крутого східного падіння, в крилах яких залягають скарноїди та чарнокітоїди. Хоча вже тоді з урахуванням геофізичних матеріалів Г. Г. Виноградовим, В. А. Єнтіним, Р. М. Довганем, В. М. Павлюком було висловлено припущення, що генезис Троянського, Тарасівського та Бандурівського масивів метабазитів має самостійну природу, пов'язану з глибоко еродованою частиною вулкано-інтрузивних апаратів складної будови.

В 2017–2018 рр. Українською геологічною компанією і Інститутом геофізики НАН України в межах Тарасівської структури були виконані детальні гравімагнітні та глибинні геоелектричні дослідження і за участю дисертанта побудована геологічна карта структури масштабу 1:10 000. Уявлення про породні комплекси вивченої площі ґрунтуються на чітких геолого-геофізичних таксонах. Як магнітні, так і гравітаційні дані вказують на чітку еліпсоїдну форму в плані Тарасівської структури, представленій двома або навіть трьома правильними дуговими зонами

специфічних гірських порід. Прихильники брахі–складчастої будови стверджують, що центральний масив базитів, нехай навіть і інтрузивний, увійшов до вулканогенно-осадової товщі порід бузької серії кошаро-олександрівської або хащувато-заваллівської світ (Державна..., 2004). Проте перекрытий розріз порід обрамлення далекий від стратотипу цих світ. Відсутні графітові гнейси і евлізити, обмежено представлені безрудні кварцити, а розкриті апатит-ільменітові утворення і марганецьвмісні породи (гондити) надають товщі ексклюзивний характер. Важливо також, що смуга порід, що обрамляє центральний масив базитів і представлена магнітними утвореннями, є не залізистими кварцитами, а рудними скарноїдами. В роботі (Щербаков, 2005) наводиться думка фахівця з метаморфічних і метасоматичних процесів в цих комплексах Б. Г. Яковлева, відповідно до якої залізисто-кремністі породи (таконіти) входять в єдину метаморфічну мафіт-ультрамафіт-залізисту формацію як продукт переробки високозалізистих мафітів. А утворення вапнякових скарноїдів за рахунок метасоматичної переробки габроїдних порід в межах УЩ описано в роботах С. В. Нечаєва.

За геофізичними даними, у випадку з Тарасівською структурою, імовірніше, ми маємо справу не з інтрузією базитів в товщу порід бузької серії (така товща не мала б форму правильних вузьких еліпсоїдних смуг, що обрамляють базити), а з процесом формування контактнo-метаморфічного і метасоматичного обрамлення, пов'язаного безпосередньо з впровадженням самої інтрузії в навколишні гранітоїди. При цьому метасоматично перетворювалися як базити, так і вміщаючи комплекси. Звичайно, особливості процесів формування порід обрамлення контактнo-метаморфічного або контактнo-метасоматичного, ендo- або екзоконтактового (тобто такі породи при цьому метаморфізувалися і заміщувалися) повинні бути вивчені не тільки структурними і геофізичними методами, але, насамперед, при детальному дослідженні мінералів (породоутворюючих і акцесорних) мікрозондовим і іншими точними методами діагностики.

Результати тектонофізичного вивчення найбільш піднятого Ятранського блока ГШЗ показали, що верхня частина кристалічного фундаменту блока представлена субвертикальними або крутопадаючими на південний - захід комплексами гірських порід, які зазнали інтенсивних зсувних деформацій. Це має важливе значення при проведенні пошуково-розвідувальних робіт, оскільки південно-західні структури блока, що зображені на деяких геологічних картах як насувні, не встановлені у верхніх горизонтах, доступних вивченню в відслоненнях і буріннях, і можуть мати місце тільки в середній і нижній корі. За результатами вивчення НДС блока показано, що найбільш ранні фази субмеридіонально-субширотного стиснення–розтягу Ятранського блока відбулися на неоархейському емилівському етапі деформацій західної частини УЩ.

Ортогональна система тріщинних парагенезисів в Ятранському блоці відображає, імовірніше, наймолодший суботсько-мошоринський етап розломоутворення. Крім того, вивчення тріщинуватості в межах блока дозволяє уточнити характер цього етапу, зв'язавши з ним реверсні руху і інверсію поля напружень.

Тектонофізично досліджено Молдовську зону розломів (аз. простягання  $345^\circ$ ), яка була сформована протягом первомайського етапу розломоутворення в полі тектонічних напружень  $\sigma_1 - 38/40^\circ$ ,  $\sigma_3 - 285/25^\circ$  - лівий зсув.

Таким чином, виконане автором тектонофізичне дослідження структури і кінематичних особливостей мегаблоків і зон розломів західної частини УЩ є кроком до побудови загальної геодинамічної моделі формування земної кори регіону, яке, на думку автора, висвітлює суть основних тектонічних процесів, що відбувалися тут у протерозої.

У четвертому розділі «Особливості кінематичного розвитку західної частини Українського щита в ранньому протерозої за тектонофізичними даними» показано, що як і в інших геофізичних потенційних полях, поле тектонічних напружень має і локальну, і регіональну складову. Локальна складова – це результати визначення поля напружень в певному пункті або в певному блоці вищого порядку, регіональна складова – поле напружень в межах мегаблоків, блоків першого порядку, великих регіонів. Це означає, що регіональне поле напружень охоплює не лише земну поверхню, а й розповсюджується на значну глибину. Адже зони розломів, котрі вивчались (Суцано-Пержанська, Тальнівська, Немирівська та інші), розділяють блоки першого порядку, мегаблоки, мікроплити, плити, які рухаються в певному напрямку і охоплюють всю земну кору або літосферу. Якби тензор напружень на цій території або глибині різко змінював свої параметри, плити і блоки не могли б рухатись. Тому методи польової тектонофізики можуть, як і інші геофізичні методи, ефективно використовуватись в геодинамічних дослідженнях. Вони надають кінематичне навантаження геодинамічним моделям, що іншими методами зробити важко або неможливо. Регіональні поля тектонічних напружень зазвичай визначаються шляхом простежування осей головних нормальних напружень вздовж великих зон розломів на далеких відстанях і встановлення меж постійності їх орієнтації (рис. 4).

Геодинамічні побудови в межах УЩ були розпочаті геологами – Г. І. Каляєвим, Є. Б. Глеваським та ін. Проте вони не були кінематичними, а базувались на формаційних принципах. Перші геодинамічні моделі щита з елементами кінематики почали будуватись саме завдяки палеомагнітним (Михайлова, Кравченко, 1986) і тектонофізичним даним (Гинтов, 2001), хоча ці моделі завжди комплексні з обов'язковим використанням даних глибинного сейсмічного зондування, сейсмотомографії, густинного і геомагнітного моделювання та ін., тобто в їх побудові задіяні великі колективи вчених.

Вивчаючи західну частину УЩ, здобувач дійшов висновку, що на одержаному ним матеріалі можливо робити геодинамічні побудови лише для періоду після 2,50 млрд років тому, оскільки ця частина щита була сильно передеформована у ранньому протерозої процесами гранітизації та розломоутворення і рештки архейської кори залишились тільки у вигляді незначної кількості невеликих масивів ендербітів та ендербіто-гнейсів. Які геодинамічні процеси відбувалися в неоархеї, можна судити за матеріалами досліджень (Гинтов, Пашкевич, 2010), які спирались на дані по всьому УЩ. За даними цих авторів, УЩ в неоархеї був поділений на Західну і Східну мікроплити, які знаходились на значній відстані одна від одної і були розділені, ймовірно, океанічним басейном. На пасивних

окраїнах відклалися вулканогенно-осадові породи бузької (на заході) і криворізької (на сході) серій. Це підтверджується і тим, що в межах шовної зони Херсон – Смоленськ не спостерігаються виходи архейських гранітоїдів, які могли представляти нижній структурний поверх, що підстеляє породи інгуло-інгулецької серії, розвинутої в межах шва [Трипольский и др., 2013]. Зближення мікроплит в кінці неоархею – на початку раннього протерозою підтверджується тим, що крайові частини Бузького і Середньопридніпровського мегаблоків сильно деформовані при стисненні та правому зсуві при формуванні Первомайської, Звенигородсько-Братської, Західно-Інгулецької, Тальнівської, Криворізько-Кременчуцької зон розломів. Матеріали тектонофізичних досліджень вказують на те, що на початку раннього протерозою східна частина Бузького гранулітового і західна частина Середньопридніпровського зеленокам'яного мегаблоків розвивалися вже в близьких деформаційних режимах. У першій половині PR<sub>1</sub>-I після закладення правозсувних Тальнівської та Криворізько-Кременчуцької зон розломів остаточно сформувалися ГШЗ і Інгулецько-Криворізька шовна зона (ІКШЗ). Під шовними зонами утворився прогин Мохо, розділений колізійним швом. Новий субширотний розсув Західної і Східної мікроплит розпочався 2,04–2,05 млрд років тому (херсон-смоленський етап), а північно-східний розтяг 1,80–1,73 млрд років тому призвів до формування Суботсько-Мошоринської і інших широтних зон розломів. При цьому розсуві ГШЗ і ІКШЗ відокремилися одна від одної на 200 км [Гинтов и др., 2013, а, в; Гинтов и др., 2018, а].

У результаті об'єднання трьох мікроконтинентів – Фенноскандії, Сарматії та Волго-Уралії в період 2,0–1,70 млрд років тому утворився континент Балтика (Bogdanova et al., 2006), в контурах якого згодом сформувалася Східноєвропейська платформа. Кожен з мікроконтинентів представлений архейськими і протерозойськими комплексами. Палеомагнітні дані підтверджують, що з початку палеопротерозою три мікроконтиненти були розміщені на досить значній відстані один від одного і розділені мікроокеанами. Мікроконтиненти склалися з мегаблоків і також не були жорстко спаяні між собою. Зокрема, літосфера УЩ представлена мозаїкою мегаблоків, які в різний час мали різну конфігурацію [Мичак, 2016].

Тектонофізичне вивчення гранітоїдів трьох різних, але практично одновікових масивів – Новоград-Волинського (житомирський комплекс), Уманського (уманський комплекс) і Новоукраїнського (новоукраїнський комплекс) – дозволяє висловити низку припущень, в якому відносному положенні (кутовому співвідношенні) могли перебувати ці масиви, а значить західна частина по відношенню до східної частини УЩ в період 2,05–2,04 млрд років тому. В розділі 3 представлено поле тектонічних напружень, в якому формувались Новоград-Волинський і Уманський масиви ( $\sigma_1 - 301^\circ$ ,  $\sigma_3 - 31^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$ ), а в таблиці 1 – поле напружень Новоукраїнського масиву ( $\sigma_1 - 08^\circ$ ,  $\sigma_3 - 278^\circ$ ,  $\sigma_2 - \perp$ , херсон-смоленський етап). Різниця в орієнтації головних осей складає  $67^\circ$ . Порівнюючи НДС трьох розглянутих масивів, можемо зробити три, поки що альтернативних, припущення: 1) регіональне поле тектонічних напружень на відрізку 2,05–2,04 млрд років тому різко змінилося; 2) регіональне поле на цьому часовому відрізку було стабільним, а західна частина УЩ повернута по відношенню до східної на  $67^\circ$



68°; 3) враховуючи, що поля тектонічних напружень в межах УЩ є інверсійними, тобто мають властивість змінювати напрямок головних осей стиску–розтягу на протилежний при реверсних рухах блоків вздовж розломів, можна припустити, що на умансько-новоград-волинському етапі відбулася зміна орієнтації осей  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  на протилежну (тобто  $\sigma_1 - 31^\circ$ ,  $\sigma_3 - 301^\circ$ ). В цьому випадку розломоутворення в межах західної частини УЩ могло відбуватися за менш різкої зміни орієнтації осей напружень (різниця  $23^\circ$ ) і без повороту західної частини відносно східної. До 2018 р., коли було зафіксовано маньківський етап розломоутворення приблизно того самого віку ( $\sigma_1 - 20^\circ$ ,  $\sigma_3 - 290^\circ$ ,  $\sigma_2 \perp$  – лівий зсув), всі три припущення мали однакоvu вірогідність. Тепер найімовірнішим є третій варіант: на протязі 2,05–2,04 млрд років тому поле тектонічних напружень в межах західної частини УЩ інверсувало і орієнтація головних осей змінилась від  $\sigma_1 - 31^\circ$ ,  $\sigma_3 - 301^\circ$  до  $\sigma_1 - 20^\circ$ ,  $\sigma_3 - 290^\circ$ ,  $\sigma_2 \perp$  і далі до  $\sigma_1 - 08^\circ$ ,  $\sigma_3 - 278^\circ$ ,  $\sigma_2 \perp$ . При цьому відносне положення західної та східної частин УЩ не змінювалось.

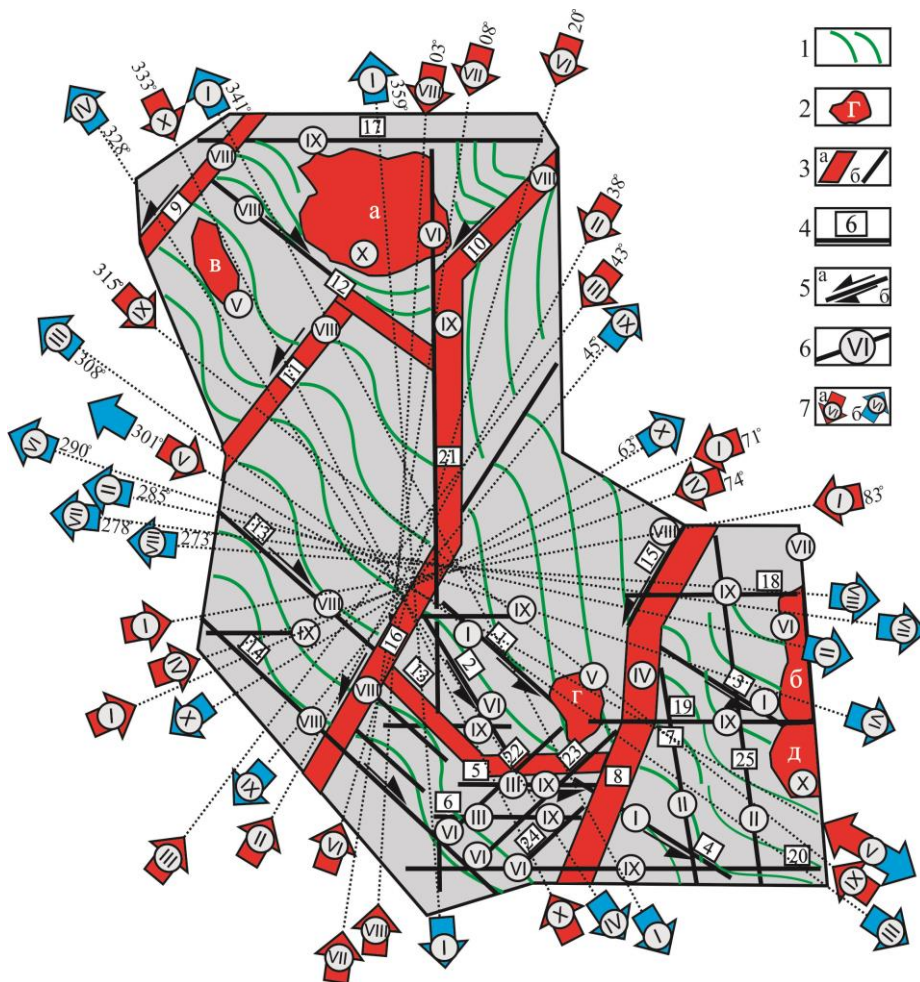


Рис. 4. Схема зміни осей регіональних тектонічних напружень при формуванні структури західної частини УЩ в період більше 2,50–1,80 млрд років тому: 1 – узагальнені лінії простягання породних комплексів; 2 – плутони і великі інтрузивні масиви гранітоїдів (а – Коростенський плутон, б – Корсунь-Новомиргородський плутон, в – Новоград-Волинський масив, г – Уманський масив, д – Новоукраїнський масив); 3 – зони розломів (а – міжмегаблокові б – внутрішньомегаблокові);

4 – номери зон розломів (1 – Ободівська, 2 – Красносільська, 3 – Ємилівська, 4 – Врадівська, 5 – Гайворонська, 6 – Заваллівська, 7 – Первомайська, 8 – Тальнівська, 9 – Суцано-Пержанська, 10 – Чернобильська, 11 – Тетерівська, 12 – Сарненсько-Варварівська, 13 – Хмільницька, 14 – Подільська, 15 – Богусласька, 16 – Немирівська, 17 – Поліська, 18 – Смілянська, 19 – Суботсько-Мошоринська, 20 – Конкська, 21 – Звездаль-Заліська, 22 – Маньківська, 23 – Берестягівська, 24 – Піщансько-Жакчикська, 25 – Звенигородсько-Братська); 5 – кінематичні знаки (а –

лівий зсув,  $b$  – правий зсув);  $b$  – номери етапів розломоутворення; 7 – осі головних нормальних напружень ( $a$  – стиснення,  $b$  – розтяг) з номерами етапів (див. табл. 1).

Також встановлено кінематичні особливості формування УЩ в період 1,80–1,73 млрд років за результатами вивчення тріщинуватості гірських порід КП та Корсунь-Новомиргородського (КНП). Плутони майже одновікові, проте поля тектонічних напружень, в яких відбувалось застигання обох масивів, відрізняються на  $19^\circ$  (для габро-анортозитів) і на  $36^\circ$  (для гранітів рапаківі), причому поле КНП повернуто відносно поля КП за годинниковою стрілкою (рис. 5, *a*). Детальне вивчення радіогеохронологічних даних по обох плутонах, за (Shumlyanskyu et al., 2006; Митрохин, 2011) показало, що КНП сформувався в середньому на 10–15 млн років пізніше КП.

Загальний поворот УЩ з суботсько-мошоринського до третьої фази корсунського етапу становив, згідно з розрахунками,  $54^\circ$ . За період  $\sim 75$  млн років і з затримкою в повороті на 10–15 млн років середня швидкість повороту становила  $\sim 0,9$  град/млн років. Зручно розбити кут повороту  $54^\circ$  на чотири сектори  $18^\circ+0^\circ+19^\circ+17^\circ$ , що відповідають таким фазам формування плутонів:

*сектор 1* – закінчення першої фази формування КП через  $\sim 20$  млн років після початку суботсько-мошоринського етапу;

*сектор 2* – зупинка в повороті УЩ на  $\sim 10$ –15 млн років, під час якої формувалися породи другої фази КП;

*сектор 3* – формування габро-анортозитів і, частково, рапаківі КНП (друга фаза, за (Митрохин, 2011) через  $\sim 21$  млн років після початку другої фази КП;

*сектор 4* – передбачуване формування масивів рапаківі КНП ще через  $\sim 19$  млн років.

Орієнтація головних осей базового регіонального поля напружень  $315$  і  $45^\circ$  при цьому залишалася незмінною. Розглянемо, як за цих умов щит повертався у горизонтальній площині. Схему поворотів УЩ за тектонофізичними даними і фаз АМСГ магматизму між суботсько-мошоринським і корсунським етапами, включаючи й самі ці етапи, показано на рис. 5, *б*. Після суботсько-мошоринського етапу УЩ повернувся проти годинникової стрілки на кут  $18^\circ$ . Оскільки в цей час, згідно з палеомагнітними даними, щит був орієнтований за азимутом  $72^\circ$  (Elming et al., 2006), під час суботсько-мошоринського етапу він займав широтне положення ( $72+18 = 90^\circ$ ). Під час утворення масивів габро-анортозитів КНП УЩ був повернутий проти годинникової стрілки на  $37^\circ$  і його орієнтація була  $90-37 = 53^\circ$ . У третій фазі формування масивів гранітів рапаківі КНП поворот щита становив  $54^\circ$ , тобто він був орієнтований за азимутом  $90-54 = 36^\circ$ .

За палеомагнітними дослідженнями докембрію України які проводились під керівництвом В. Г. Бухмутова було побудовано модель взаємного розташування Фенноскандії та УЩ для періоду 1,77–1,75 млрд років. Відповідно до цієї моделі 1,77 млрд років тому Фенноскандія і УЩ займали палеошироти  $15^\circ\text{N}$  і  $2^\circ\text{S}$ . Зі свого боку УЩ був повернутий відносно Фенноскандії проти годинникової стрілки на  $40^\circ$  щодо сучасного положення в складі Східноєвропейської платформи. За наступні 20 млн років Фенноскандія і УЩ дрейфували у південному напрямку

приблизно на  $5^\circ$  і зайняли палеошироту  $10^\circ\text{N}$  і  $7^\circ\text{S}$ . Середня швидкість широтного дрейфу для обох блоків становила близько 2,8 см/рік.

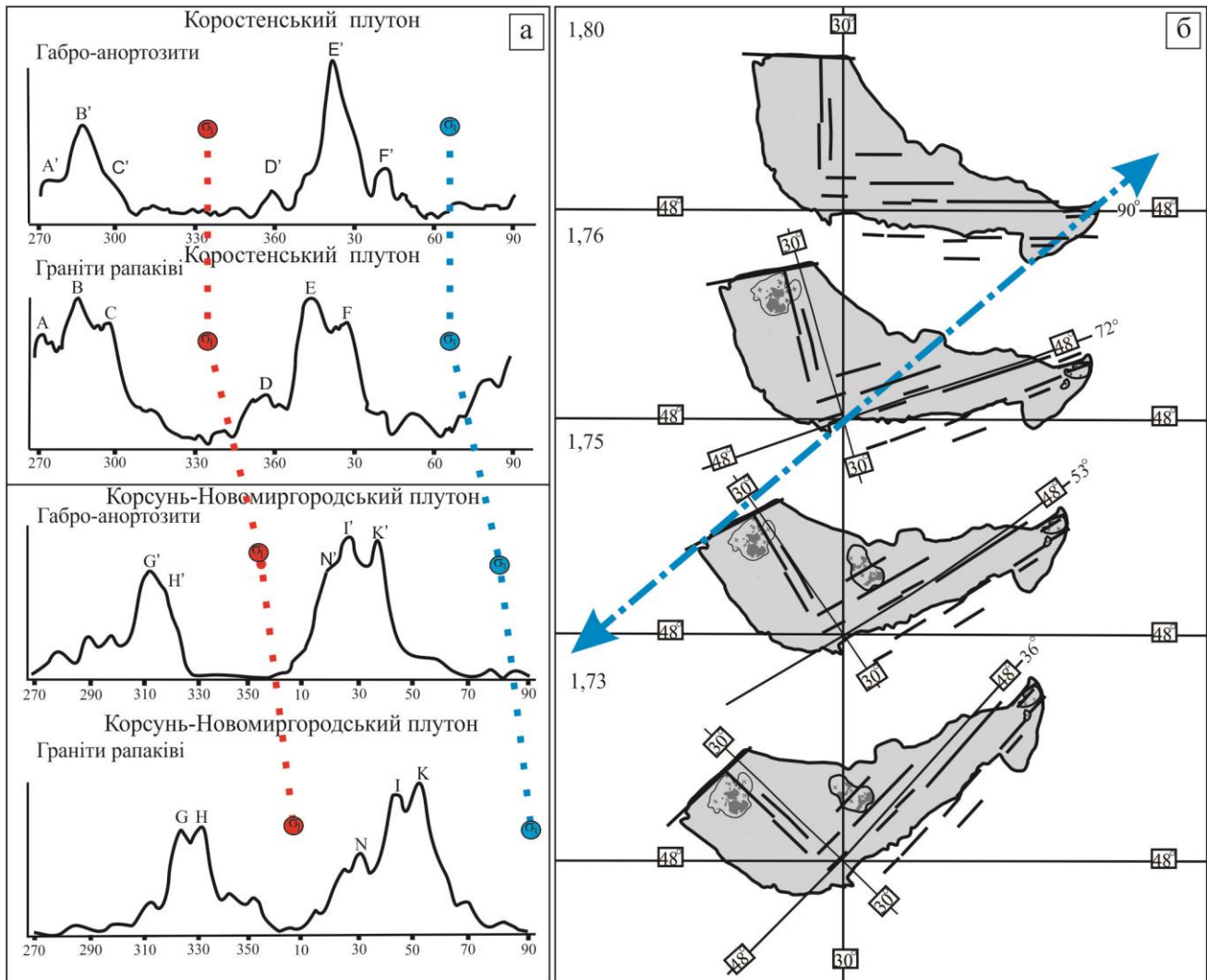


Рис. 5. а) Графіки частоти повторюваності азимутів простягання тріщин у гранітах рапаківі та габро-анортозитах Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів. Пунктиром показано відносне обертання осей  $\sigma_1$  (стиснення) та  $\sigma_3$  (розтяг) [Гинтов, Мычак 2014]. б) Схема поворотів УЩ проти годинникової стрілки в постійному регіональному полі північно-східного розтягу на відрізку 1,80–1,73 млрд років тому за тектонофізичними даними. Жирними стрілками показано орієнтацію осі розтягу  $\sigma_3$  в сучасній системі координат.

У п'ятому розділі «Зв'язок родовищ корисних копалин з зонами тектонічних порушень західної частини Українського щита» розглядаються закономірності формування родовищ корисних копалин західної частини УЩ. В загальному плані увагу приділено розміщенню родовищ і рудопроявів в межах окремих мегаблоків і зон розломів. Окрім того, автор детально вивчав особливості геологічної будови і металогенії ПГРР, тому цьому району присвячено окремий підрозділ дисертації.

В роботі наводяться відомі пошукові критерії, які пов'язані з розломною тектонікою, і які дещо деталізовані на основі досвіду тектонофізичних

спостережень автора. Зокрема підкреслюється, що найбільш проникними для гідротерм, рудних розчинів і флюїдів є тріщини відриву Т, сколи Ріделя і L-сколи. Проте потрібно врахувати наступне:

1. Проникаючою для висхідних потоків є вся зона сколювання (або зона розломів), оскільки доведено (Гинтов, Исай, 1984), що в процесі пластичного деформування гірських порід в зоні розломів навіть при стисненні відбувається дилатансія – розпушення гірської породи, що досягає ступеню від одного до декількох відсотків. Це добре видно за даними гравіметрії, які вказують на розущільнення земної кори в зонах розломів. При загальній проникності зони розломів порядок ступеню проникності структур другого порядку залишається без змін.

2. Багато що залежить від ерозійного зрізу території. При високій проникності розривних структур для рудних розчинів останні піднімаються високо до поверхні консолидованої кори, і утворені ними скупчення можуть бути знищені ерозійними процесами. В такому випадку зберігаються ті скупчення (хоча і в менших масштабах), які формувалися в менш проникних структурах, оскільки рудні розчини долали тут більший опір і зупинилися на більшій глибині.

3. Зміщення крил розломів мають реверсний характер, тобто під час активізацій напрямом зсуву може змінювати свій знак. Ця закономірність особливо важлива для процесів рудогенезу, оскільки при зміні напрямку зміщення прирозломні і внутрішньорозломні структури стиснення стають структурами розтягу і навпаки.

4. Стосовно вузлів перетину розломів, відзначено, що для західної частини УЩ це, насамперед, стосується перетину з широтними зонами розломів. Фаза закладання широтних зон розломів – субгоризонтальний правий зсув, при якому відбувається розкриття розломів північно-західного напрямку. За С. В. Гошовським більшість лінійних металогенічних зон, рудних і рудоносних районів відносяться саме до таких зон розломів. А в фазу активізації при лівому зсуві розкривалися зони північно-східного напрямку, зокрема СПЗР, відома своєю багатотою металогенією.

Металогенічні зони, рудні райони і рудні поля відносяться до основних зон розломів УЩ. Практично всі найбільші зони розломів УЩ закладені і розвивалися як зони зрушень з різким переважаанням горизонтальної складової зміщення бортів. Вони закладені в неоархеї, ранньому протерозої і на межі раннього і середнього протерозою як праві і ліві зсуви, скидо- і підкидо-зсуви, що виходять далеко за межі УЩ, а за глибинністю сягають у мантию не менше ніж на 100–200 км, іноді перетинаючи всю літосферу, потужність якої за геотермічними та іншим геофізичними даними становить 180–260 км. Існування таких древніх зон зсуву протяжністю в сотні кілометрів і амплітудою горизонтального зміщення крил в десятки кілометрів неможливо пояснити без залучення уявлень про конвекцію в мантиї, яка проходила вже принаймні в неоархеї і особливо в ранньому протерозої.

Кінематичними особливостями докембрійського плитотектонічного процесу обумовлена насамперед орієнтація зон розломів під час закладання в неоархеї, палео-, мезо- і неопротерозої, а також їх НДС під час активізацій. З цим пов'язаний також характер рудоутворення і формування родовищ.

Міжмегаблокові і великі зони розломів обмежують корово-мантіїні мегаблоки різної потужності і основності. До таких зон розломів в західній частині УЩ відносять Тальнівську та Немирівську. Зміна складу всього розрізу кори відбувається в Сарненсько-Варварівській, північно-східному продовженні Немирівської, Суцано-Пержанській і деяких зонах розломів другого порядку. Історія розвитку зон розломів УЩ охоплює сотні мільйонів (а можливо, і кілька мільярдів) років.

За цей час багато разів змінювалися поля напружень і напрямки рухів блоків земної кори. В розломах як найбільш проникних структурах, що зв'язують верхні і нижні шари земної кори, кору і мантію, виникали все нові і нові зони сколювання, поновлювалися і згасали процеси утворення магматичних розплавів, гідротерм і рудних розчинів. Проникними структурами зони розломів є не тільки під час розтягу, але і під час зсуву при стисненні, оскільки в останньому випадку відбувається дилатансійне розпушення порід в зоні розломів. Підвищується їх пористість, а в вузлах перетину розломів утворюються пулл-апарт структури з рудними тілами штокверкового типу. Крім того, при наявності діагональних і ортогональних систем розломів режим розтягу в певні періоди може бути притаманний кожній зоні розломів: зсувні процеси в зонах ортогональної системи призводять до розтягу в зонах діагональної системи і навпаки. Чергування процесів стиснення і розтягу фіксується в зонах розломів не лише кінематично, але і петрологічно: у багатьох з них спостерігаються спільні знаходження мілонітів і катаклазитів, характерних для зон стиснення, лужних метасоматитів, окварцювання, що формуються в умовах розтягу, а також паралельне простягання смуг мілонітів і розташованих поруч дайок основних порід або гранітних жил, що відображають перемінне стиснення і розтяг [Гинтов и др., 2013, а].

Тому можна з упевненістю стверджувати, що між будовою зон розломів і проникненням в верхні шари земної кори рудної речовини існує прямий зв'язок. Піднімаючись по окремих розривах і не маючи можливості розповсюджуватися по латералі на великі відстані, рудна речовина концентрується на проникних ділянках в безпосередній близькості від зони розломів в межах деструктивних полів. Тому рудні райони і рудні поля в плані в більшості випадків збігаються з зонами розломів. Приклади таких збігів докладно описані в роботі (Старостенко и др., 2011). Плитотектонічні процеси мають до цього пряме відношення, тому що причиною розкриття і закриття зон розломів є горизонтальні напруження і рухи блоків літосфери, зумовлені мантією конвекцією і розтіканням плюмів.

З огляду на викладене та завдяки плідній роботі з відомим рудознавцем України С. В. Нечаєвим, дисертантом та О. Б. Гінтовим було складено Схему зіставлення рідкісноземельно-рідкіснометалевої і золоторудної мінералізації з розломно-блоковою тектонікою УЩ [Нечаев и др, 2019, а], в якій здобувач відповідав за його західну частину (рис. 6).

Аналіз Схеми показав, що 94 % родовищ і рудопроявів чорних, благородних та рідкісних металів сконцентровано саме в зонах розломів та прилеглих до них зонах другорядних розривів.

Окремо в роботі розглянуті питання металогенії ПГРР, який представлений ГШЗ та Гайворон-Заваллівською ділянкою. Їх об'єднує базальтоїдний тип земної

кори, з котрим пов'язана і основна металогенічна спеціалізація. В межах ПГРР на площі 7000 км<sup>2</sup> налічується 8 перспективних проявів і 3 родовища хрому, 17 проявів і 1 родовище заліза, 14 проявів і 1 родовище графіту. В межах гірничорудного району знаходиться одне родовище і велика кількість перспективних проявів золота, платиноїдів, рідкісноземельних елементів, ітрію, урану, марганцю, титану, вольфраму, міді, молібдену, апатиту, силіманіту, вермикуліту, первинного каоліну, мінеральних вод. Центральна частина ГШЗ є основною частиною ПГРР. Вона пронизана мафіт-ультрамафітовими інтрузіями більше, ніж інші регіони УЩ. Тут нараховується понад 100 серпентинітових масивів, багато з яких є родовищами силікатного нікелю. Достатньо багато (не менше 15) великих масивів метаультрабазитів і базитів капітанівсько-деренюхінського, залізорудно-метабазитового молдовського, а також метабазитового троянського комплексів, в парагенезисі з якими знаходяться залізо-карбонатні рудні товщі і залізисті кварцити, хромітоносні перидотити. Окрім золота і нікелю, залізорудно-метабазитові масиви молдовського типу – Молдовський, Секретарський, Лашівський, Грушківський, Чемірпольський, Слюсарівський, Полянецький, Байбузівський, вивчені геологічно, і ще багато масивів, виділених тільки за геофізичними даними, представляють першочерговий інтерес і на легкозбагачувальні залізні руди. Вивчення Молдовського залізорудного родовища (МЗРР) показало [Ентин и др., 2015], що цілий ряд факторів структурно-тектонічного, мінералогічного і геохімічного значення дає можливість досить обґрунтовано припустити участь в утворенні МЗРР ендегенних процесів, що зумовили формування специфічної дайково-штокової морфоструктури, ускладненої згодом зсувними процесами і накладеними вулканотектонічними подіями. Запропонований механізм утворення МЗРР дозволяє в єдиному контексті трактувати роль розломів як основного каналу доставки первинної збагаченої залізом речовини із зони плавлення в верхні горизонти земної кори, а також як головного інструменту подальшої деформації і активатора процесів вулканізму. Уявлення про первинно магматичну природу основної частини залізорудних структур Побужжя, як свідчить світовий досвід, значно розширює їх пошукові перспективи на широке коло металевих групи корисних копалин.

Гайворон-Заваллівський район є однією з найбільш перспективних територій на пошуки корінних алмазів на всьому Побужжі. Тут, як ніде в іншому місці, за результатами геофізичних досліджень і виконаних на їх основі глибинних побудов (Соллогуб, 1986) існують найбільш сприятливі для алмазоносності умови. Про це свідчать різноманітні геологічні утворення, виведені з великих глибин на рівень сучасного зрізу фундаменту. Насамперед, це коматіти і особливо потенційно алмазоносні піроксенітові коматіти, еклогіти, лампрофіри, зокрема лужні лампрофіри, лампрофіроподібні породи, лужні ультраосновні породи, флюїдизовані брекчії. Весь цей набір специфічних утворень заслуговує пильної уваги і детального вивчення на предмет пошуків корінних джерел алмазів, особливо в зв'язку з відкриттям в Середній Азії некімберлітових алмазоносних порід типу лужних лампрофірів, лампроїтів, базальтоїдів. Лампрофіри, лампрофіро- і лампрофіроподібні породи виявлено в Гайворонській, Солгутівській,

Хашуватській і Казавчинській зонах сколювання Гайворонської зони розломів. Крім рідкісних земель церієвої групи, спектральним аналізом в них фіксується підвищений склад Ti, Mn, Ba, Sr. У «кишенях» залізо-марганцевої кори вивітрювання цих чотирьох зон сколювання встановлено рудопрояви рідкісних металів і рідкісних земель, найбільшим з яких (практично родовищем) є Соломіївське в Хашуватській зоні сколювання [Нечаев и др., 2019, б].

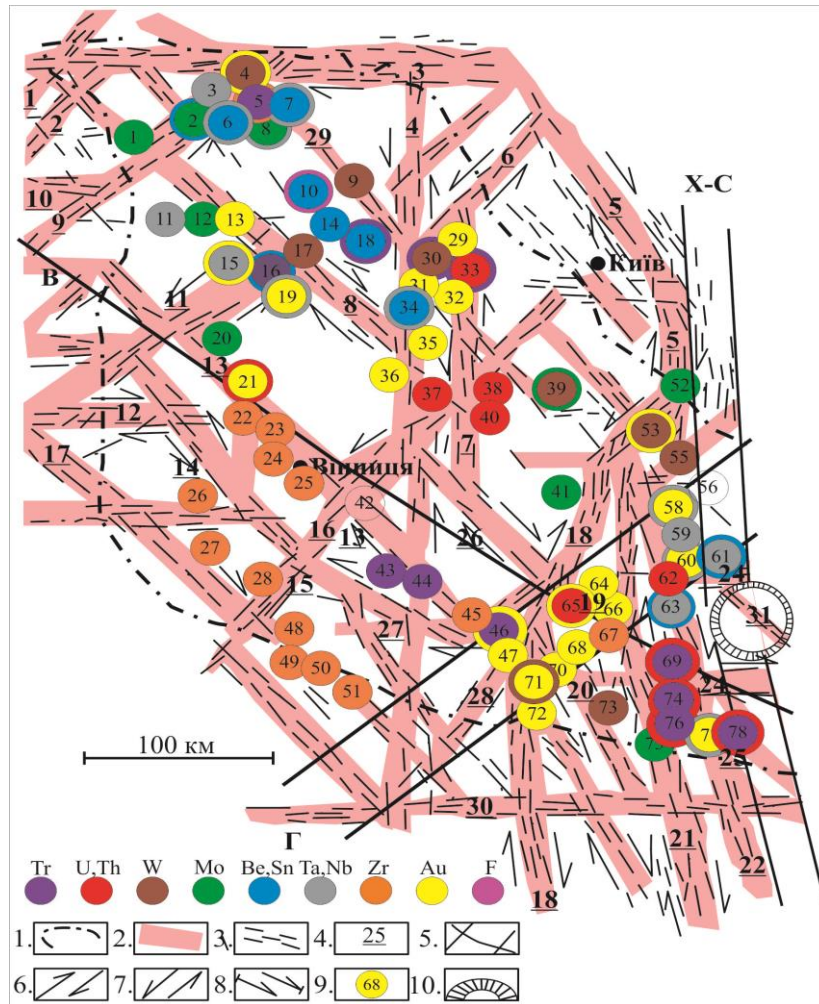


Рис. 6. Схема зіставлення рідкісноземельно-рідкіснометалевої і золоторудної мінералізації з розломно-блоковою тектонікою західної частини Українського щита [Нечаев и др., 2019, а]: 1 – контур УЩ; 2 – зони розломів; 3 – ешелоновані сколи і зони сколювання; 4 – номери зон розломів (1 – Горинська, 2 – Луцька, 3 – Поліська, 4 – Звіздаль-Заліська, 5 – Ядлів-Трактемирівська, 6 – Чорнобильська, 7 – Брусилівська, 8 – Сарненсько-Варварівська, 9 – Суцано-Пержанська, 10 – Володимир-Волинська, 11 – Тетерівська, 12 – Хмельницька, 13 – Хмільникська, 14 – Летичівська, 15 – Ободівська, 16 – Немирівська, 17 – Подільська, 18 – Тальнівська, 19 – Ємилівська, 20 – Врадіївська, 21 – Первомайська, 22 – Звенигородсько-Братська, 23 – Новоукраїнська, 24 – Суботсько-Мошоринська, 25 – Бобринецька, 26 – Дашівська, 27 – Гайворонська, 28 – Заваллівська, 29 – Центральна, 30 – Конкська, 31 – Нерубаєвсько-Лозоватська); 5 – трансрегіональні лініяменти В, Г і трансрегіональна зона розтягу Херсон–Смоленськ (Х-С); 6–8 – кінематичні знаки (6 – правий зсув, 7 – лівий зсув, 8 – підкидо- і скидо-зсув); 9 –

номера родовищ і рудо проявів. Колір всередині кружка – провідна рудна спеціалізація щодо запропонованих груп; супутня мінералізація показана зовнішнім кольоровим контуром; 10 – центр Кіровоградського рудного поля натрій-уранової формації.

Розглянуті геофізичні, геохімічні та геоморфологічні особливості перспективних рудовмісних структур Гайворон-Заваллівського району ПГРР, а саме - 1) приуроченість до зон сколювання широтного простягання, 2) зв'язок з лінійними корама вивітрювання, в тому числі з їх «кишеннями», 3) можливість виявлення контрастних геохімічних аномалій чорних, рідкісних і благородних металів, рідкісних земель дозволила об'єднати ці особливості в серйозний пошуковий критерій на чорні, рідкісні і благородні метали, рідкісні землі, а також графіт. Використання сформульованого критерію вимагає застосування комплексу недорогих геофізичних і геохімічних методів для ефективної оцінки перспектив району на пошуки перерахованих корисних копалин. Незважаючи на те, що в районі виконані гравіметричні та магнітометричні роботи аж до масштабу 1:50 000, їх точність була недостатньо високою, а орієнтування профілів не розраховане на картування структур саме широтного простягання і пошуки пов'язаних з ними лінійних кор вивітрювання. Комплекс високоточних гравімагнітних і геохімічних робіт необхідно доповнити профільною електророзвідкою, досить ефективною для вирішення таких завдань. Може здатися, що розглянутий пошуковий критерій має місцеве значення, важливе тільки для західної частини ПГРР. Проте широтні зони розломів і зони сколювання широко поширені в межах усього УЩ від Волино-Поділля до Приазов'я і, як зазначалося вище, з ними пов'язані великі перспективи на пошуки корисних копалин. Тому детально відпрацьований в Гайворон-Заваллівському районі пошуковий критерій може бути успішно використаний і в інших районах щита.

## ВИСНОВКИ

1. Початок формування зон розломів сучасного вигляду відноситься до неогархею. Більш давня блокова структура щита мала інший вигляд і іншу природу, проте в наш час можна встановити лише її окремі фрагменти.

2. Ранньопротерозойська система міжмегаблокових зон розломів формувалася під дією тангенціальних сил стиску і розтягу. Тому поля напружень, які встановлюються тектонофізичними методами при вивченні таких зон, представлені тензорами з субгоризонтальними головними осями  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$  і субвертикальною проміжною віссю  $\sigma_2$ , а самі зони є, насамперед, зсувними структурами.

3. Міжмегаблокові зони розломів західної частини УЩ (Суцано-Пержанська, Тетерівська, Сарненсько-Варварівська, Звіздаль-Заліська, Чорнобильська, Немирівська, Дашівська, Тальнівська, Ядлів-Трактемирівська і великі внутрішньомегаблокові зони розломів перетинають всю земну кору і заглиблюються в мантию на десятки і сотні км, про що свідчать сейсмічні та сейсмотомографічні дані. Ширина таких зон сягає 7–20 км.

4. Орієнтація головних осей нормальних тектонічних напружень, в яких формувалася мегаблокова і внутрішньомегаблокова структура західної частини



УЩ, відображає домінування у протерозої діагональних і ортогональних напрямків стиснення і розтягу з варіаціями в широких межах. При цьому для більш древніх етапів розломоутворення (ємилівського, довгопристанського, тальнівського, первомайського) характерні скидо- та підкидо-зсувні деформаційні режими, тоді як етапам біля межі ~ 2,0 млрд років і пізніше (немирівському, маньківському, херсон-смоленському, суботсько-мошоринському) притаманні вже власне зсувні режими.

5. Внутрішня структура міжмегаблокових і багатьох внутрішньомегаблокових зон розломів значно відрізняється від ділянок кори, що її оточують. Їх визначає моноклінальне залягання порід, насиченість елементарними і ешелонованими сколами, породи розгнейсовані та кліважовані, мігматизовані, часто мілонітизовані, метасоматично перетворені. Характерні процеси підвищеної калішпатизації, які ведуть до утворення мігматито-гранітогнейсових монокліналей. Слабко деформовані породи зустрічаються локально, але це дає змогу визначити склад первинного субстрату.

6. За результатами польових тектонофізичних робіт були одержані дані які прямо вказують на те, що великі зони розломів західної частини УЩ (як і всього УЩ) не є простими лініями, які розмежовують блоки і мегаблоки. Це об'ємні ділянки земної кори і літосфери, що мають важливе геологічне і економічне значення, їх потрібно картувати спеціально та детально і зображати на картах як геологічні тіла.

7. Сучасна структура земної кори регіону сформувалась під впливом зсувних, насувних і підсувних рухів вздовж глибинних зон розломів. Показано, що якщо в неоархеї і на початку раннього протерозою західна і східна частини УЩ рухались як окремі мікроплити, розділені океанічною корою, то в період 2,30–2,40 млрд років тому вони зійшлися, утворивши єдину плиту, яка потім знову була поділена зоною розтягу Херсон–Смоленськ. Приблизно 1,80 млрд років тому щит став консолідованою структурою. Доведено обертання УЩ як єдиного цілого в складі Сарматії на  $54^\circ$  проти годинникової стрілки 1,80-1,73 млрд років тому. За сейсмічними і сейсмотомографічними даними такі рухи можуть бути пов'язані лише з мантийними конвективними течіями або з розтіканням плюмів.

8. Переважна більшість (до 94 %) родовищ і рудопроявів чорних, благородних та рідкісних металів сконцентрована саме в зонах розломів та прилеглих до них зонах другорядних розривів. У Волинському мегаблоці це, насамперед, СПЗР; у Росинському – зона зближених Звіздаль-Заліського і Брусилівського розломів; у Подільському – Хмільницька зона розломів; у Бузькому – Гайворонська і Заваллівська зони розломів; у Інгульському – Тальнівська, Первомайська та Звенигородсько-Братська зони розломів (мається на увазі західна частина мегаблока).

9. Перспективною територією в західній частини УЩ є Побузький гірничорудний район, у складанні структурно-тектонофізичної карти якого автор приймав активну участь. ПГРР є базовим для пошукових і розвідувальних робіт на залізні руди молдовського типу; золото і хром базит-гіпербазитових масивів; золото і рідкісні метали в зонах сколювання широтного простягання; графітові руди та алмази.

Показано, що існуючий підхід до розгляду історії геологічного розвитку УЩ у ранньому докембрії з точки зору послідовного нашарування стратиграфічних горизонтів не завжди виправданий. Так, базитові масиви тарасівського типу є скоріш інтрузіями, а не синкліналями; Заваллівська структура є внутрішньорозломною лінзою метасоматитів; більшість складок, що приймалися за синкліналі чи антикліналі, є прирозломними складками волочіння і підвертання з субвертикальними шарнірами.

10. Тектонофізичні дослідження із залученням геологічних даних дозволяють сформулювати ряд додаткових пошукових критеріїв на корисні копалини, а саме: 1) приуроченість до зон сколювання широтного простягання, 2) зв'язок з лінійними корами вивітрювання, в тому числі з їх «кишеннями», 3) можливість виявлення контрастних геохімічних аномалій чорних, рідкісних і благородних металів, рідкісних земель дозволила об'єднати ці особливості в серйозний пошуковий критерій на ці метали, рідкісні землі, а також графіт.

11. Наголошено про значущість відносно небагатих, але легко збагачувальних карбонатно-залізних руд Середнього Побужжя, що необхідно пов'язувати з майже повним відпрацюванням запасів багатих залізних руд Криворіжжя, де глибина підземної розробки перевищила вже 1000–1200 м. Встановлення інтрузивно-вулканічної природи зачної кількості залізородних тіл ПГРР і можливий зв'язок їх з карбонатитами підвищує пошукову цінність на цілий ряд рідкісноземельних і рідкіснометалевих корисних копалин.

12. Вивчення базитових масивів тарасівського типу ПГРР показало важливе пошукове значення структур їх кільцевого обрамлення, які мають метасоматичний генезис. Було встановлено приналежність до порід цих структур комплексних проявів титану, апатитів, сульфідів міді, молібдену, геохімічних аномалій рідкісних і рідкісноземельних елементів і відзначено їх пошукову перспективність. Пошуковим роботам в межах таких структур повинні передувати детальні (масштабу 1:10 000 і крупніше) геофізичні зйомки гравімагнітними і геоелектричними методами.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Монографії:*

1. Гинтов, О. Б., Пашкевич, И. К., **Мычак, С. В.** (2013, а). Геодинамическая эволюция Ингульского мегаблока. Старостенко, В. И., Гинтов, О.Б. (под ред.), *Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождение рудных полезных ископаемых* (С. 278-285) Киев, «Прастыи луды».
2. Гинтов, О. Б., **Мычак, С. В.**, Пашкевич, И. К., Бакаржиева, М. И., Лазаренко, О. Е. (2018, а). Докембрий Украинского щита и тектоника плит. Старостенко, В. И., Гинтов, О. Б. (под ред.), *Очерки геодинамики Украины* (С. 377-402). Київ, «ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ».

### *Статті в наукових виданнях:*

1. Гинтов, О. Б., Бубняк, И. Н., Бубняк, А. Н., Вихоть, Ю. М., **Мычак, С. В.**, Накапелюх, М. В. (2013, б). Напряженно-деформированное состояние и динамика аллохтонной части Предкарпатского прогиба в связи с нефтегазоносностью (по тектонофизическим данным). *Геофизический журнал*, 35(1), 75–87. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i1.2013.116334>.
2. Трипольский, А. А., Фарфуляк, Л. В., **Мичак, С. В.**, Калюжная, Л. Т. (2013). Особенности потенциальной сейсмической зоны Ингульского и Среднеприднепровского мегаблоков Украинского щита. *Геофизический журнал*, 35(2), 168–178. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i2.2013.111362>.
3. Гинтов, О. Б., Муровская, А. В., **Мычак, С. В.** (2013, в). Полевая тектонофизика в решении проблем геодинамического развития территории Украины. *Геодинамика и тектонофизика. Институт земной коры Сибирское отделение РАН*, 3, 281–299. <https://doi.org/10.5800/GT-2013-4-3-0101>.
4. **Мичак, С. В.** (2014). Деформація гірських порід Уманського, Новоград-Волинського та Новоукраїнського масивів в період 2,02–2,05 млрд років тому за результатами тектонофізичного вивчення. *Геодинаміка*, 17(2), 150–162. <https://doi.org/10.23939/jgd2014.02.150>
5. Гинтов, О. Б., **Мычак, С. В.** (2014). Кинематика формирования Украинского щита в период 1,80 – 1,73 млрд лет назад по результатам изучения трещиноватости горных пород Коростенского и Корсунь-Новомиргородского плутонов. *Геофизический журнал*, 36(4), 24–36. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i4.2014.116006>
6. **Мычак, С. В.** (2015). Кинематика формирования западной и центральной частей Украинского щита в период 2,05–2,02 млрд лет назад. *Геофизический журнал*, 37(1), 83–99. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i1.2015.111327>.
7. Ентин, В. А., Гинтов, О. Б., **Мычак, С. В.**, Юшин, А. А. (2015). Структура Молдавского железорудного месторождения (Украинский щит) по геолого-геофизическим данным и его возможная эндогенная природа. *Геофизический журнал*, 37(4), 3–18. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111118>.
8. **Мичак, С. В.** (2016). Геодинамічний розвиток Українського щита і утворення родовищ корисних копалин за даними геофізичних та геохронологічних досліджень. *Вісник НАН України*, 6, 77–85. <https://doi:10.15407/visn2016.06.077>.
9. Гинтов, О. Б., Ентин, В. А., **Мычак, С. В.**, Павлюк, В. Н., Зюльцле, В. В. (2016). Структурно-петрографическая и тектонофизическая основа геологической карты кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны Украинского щита. *Геофизический журнал*, 38(3), 3–28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777>.
10. Муровская, А. В., Накапелюх, М. В., Вихоть, Ю. М., Шлапинский, В. Е., Бубняк, И. Н., **Мычак, С. В.** (2016). Кинематическая эволюция Зоны Пьенинских утесов в кайнозое (Украинские Карпаты). *Геофизический журнал*, 38(5), 119–136. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i5.2016.107826>
11. **Мычак, С. В.**, Курило, С. И., Бельский, В. Н., Муровская А. В. (2016). Напряженно-деформированное состояние Росинского мегаблока Украинского щита на участке верхнего течения р. Рось (Фурсы-Борщаговка). *Геодинаміка*, 21(2), 123–133. <https://doi.org/10.23939/jgd2016.02.123>.

12. Малицький, Д., Муровська А., Гінтов О., Гнип А., **Мичак С.**, Грицай О., Павлова А. (2017). Механізми вогнищ землетрусів та поле напружень Солотвинської западини Закарпаття. *Вісник Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка, Геологія*, 77(2), 43–51. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.77.05>.
13. Гінтов, О. Б., Єнтін, В. А., **Мичак, С. В.** (2017). До побудови Схеми розломно-мегаблокової тектоніки Українського щита масштабу 1:500 000. *Геофизический журнал*, 39(5), 63–82. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i5.2017.112340>.
14. **Мычак, С.**, Курило, С., Муровская, А. (2018). Структурные особенности кристаллического фундамента Голованевской шовной зоны в бассейне р. Ятрань по тектонофизическим данным. *Вісник Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка, Геологія*, 80(1), 23–32. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.80.03>.
15. **Мичак, С. В.**, Муровська, Г. В., Поляченко, Є. Б., Бельський, В. Н. (2018). Напружено-деформований стан земної кори Побузького гірничорудного району на ділянці Гайворон-Завалля. *Геофизический журнал*, 40(2), 95–107. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i2.2018.128933>.
16. Гинтов, О. Б., Ентин, В. А., **Мычак, С. В.**, Гуськов, С. И., Павлюк, В. Н., Зюльцле, В. В. (2018, б). Уникальные базит-метабазитовые структуры Побужского горнорудного района, их геологическое значение и перспективы рудоносности (по геофизическим и геологическим данным). *Геофизический журнал*, 40(3), 3–26. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i3.2018.137170>.
17. Степанюк, Л. М., Гінтов, О. Б., **Мичак, С. В.**, Курило, С. І., Довбуш, Т. І., Зюльцле, О. В., Сьомка, В. О., Бондаренко, С. М., Коваленко, Н. О. (2018). Вік монациту кристалічних порід нижньої течії р. Ятрань (Дністровсько-Бузький мегаблок Українського щита) за уран-свинцевим методом. *Геохімія та рудоутворення*, 39, 24–35. <https://doi.org/10.15407/gof.2018.39.024>.
18. Гінтов, О. Б., Орлюк, М. І., Єнтін, В. А., Пашкевич, І. К., **Мичак, С. В.**, Бакаржієва, М. І., Шимків, Л. М., Марченко, А. В. (2018). Структура західної і центральної частин Українського щита. Спірні питання. *Геофизический журнал*, 40(6), 3–29. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i6.2018.151000>.
19. Нечаев, С. В., Гинтов, О. Б., **Мычак, С. В.** (2019, а). О связи редкоземельной, редкометалльной и золоторудной минерализации с разломно-блоковой тектоникой Украинского щита. 1. *Геофизический журнал*, 41(1), 3–32. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i6.2018.151000>.
20. Нечаев, С. В., Гинтов, О. Б., **Мычак, С. В.** (2019, б). О связи редкоземельной, редкометалльной и золоторудной минерализации с разломно-блоковой тектоникой Украинского щита. 2. *Геофизический журнал*, 41(2), 58–83. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164450>.

#### *Тези доповідей і матеріали конференцій:*

1. Gintov, O. B., **Mychak, S. V.** (2013). The Ingul Block of the Ukrainian Shield as a key to the Paleoproterozoic reconstruction of Sarmatia, East European Craton. *Rodinia 2013: Supercontinental Cycles and Geodynamics Symposium. Moscow, Russia, M. V. Lomonosov Moscow State University, 20–24 May 2013. P. 30.*

2. Gintov, O. B., **Mychak, S. V.** (2014). The Ingul Block of the Ukrainian Shield as a key to the Paleoproterozoic reconstruction of Sarmatia, East European Craton. *31st Nordic Geological Winter Meeting. Lund, Sweden, January 8–10 2014*. P. 110.
3. Pashkevich, I. K., Bakarjieva, M. I., **Mychak, S. V.** (2014). 3D magnetic modeling of the Korsun'-Novomirgorod pluton and the Novoukrainka massif (Ukrainian Shield), and its geological interpretation. *31st Nordic Geological Winter Meeting. Lund, Sweden, January 8–10 2014*. P. 118.
4. **Мычак, С. В.**, Курило, С. И., Бельский, В. Н., Муровская, А. В. (2017) Напряженно-деформированное состояние Росинского мегаблока Украинского щита на участке верхнего течения р. Рось. *Актуальні проблеми геосередовища і зондуючих систем. III міжнародна наукова конференція. м. Київ, 3–5 жовтня 2017 р.* С. 43.
5. **Мычак, С. В.**, Фарфуляк, Л. В. (2017). Структурные особенности кристаллического фундамента Голованевской шовной зоны в бассейне р. Ятрань по тектонофизическим данным. *Ідеї та новації в системі наук про Землю. Збірник матеріалів VII всеукраїнської молодіжної наукової конференції. Київ, 23–27 жовтня 2017 р.* С. 88–89.
6. **Mychak, S. V.**, Cherkes, S. I., Farfuliak, L. V., Poliachenko, I. B., & Murovskaya, A. V. (2018). The ratio of deformation structures and magnetic textures of rocks Pobuzhsky ore mining district. *17th International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects, 14–17 May 2018, Kiev, Ukraine*. Conference Paper. DOI: 10.3997/2214-4609.201801851
7. Муровская, А. В., Малицкий, Д. В., Гнип, А. Р., Махницкий, Н. Р., **Мычак, С. В.**, Поляченко, Е. Б. (2018). Активная тектоника и современное поле напряжений Закарпатского прогиба по механизмам очагов землетрясений. *17th International Conference on Geoinformatics — Theoretical and Applied Aspects, 14–17 May 2018, Kiev, Ukraine*. Conference Paper. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201801852>
8. Гинтов, О. Б., Орлюк, М. И., Ентин, В. А., Пашкевич, И. К., **Мычак, С. В.**, Бакаржиева, М. И., Шимкив, Л. М., Марченко, А. В. (2018). Мегаблоковая структура Украинского щита по современным геофизическим и геологическим данным. *Наукова конференція, присвячена 100-річчю Ювілея Національної академії наук та Геологічної служби України «Геологія і корисні копалини України» Київ, 2 – 4 жовтня 2018 р.* С. 46–48.
9. **Мычак, С. В.**, Фарфуляк, Л. В. (2019). Кінематика Суццано-Пержанської зони розломів. *Ідеї та новації в системі наук про землю. Збірник матеріалів VIII всеукраїнської молодіжної наукової конференції. Київ, 10–12 квітня 2019 р.* С. 68–69.

## АНОТАЦІЯ

**Мычак С. В.** Структурні особливості і кінематичний розвиток земної кори західної частини Українського щита. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика (103 – Науки про Землю). – Інститут геофізики НАН України, Київ, 2019.

Дисертаційна робота виконана з метою вивчення основних рис внутрішньої будови і напружено-деформованого стану зон розломів та мегаблоків західної частини Українського щита для визначення етапів її кінематичного розвитку, що відбувався в неоархеї–палеопротерозої. І на цій основі розглянути перспективи регіону на пошуки корисних копалин. Дисертантом встановлено напружено-деформований стан гірських порід в межах Волинського, Росинського, Подільського, Бузького, західної частини Інгульського мегаблоків Українського щита, зокрема Побузького гірничорудного району, Новоград-Волинського, Уманського, Богуславського гранітоїдних масивів, Коростенського плутону, а також дев'яти міжмегаблокових і внутрішньомегаблокових зон розломів. На прикладі Тарасівської структури Середнього Побужжя розглянуто будову і перспективи на рудоносність трьох базит-метабазитових масивів Побузького гірничорудного району (Бандурівського, Троянського і Тарасівського). Встановлено їх інтрузивну природу та метасоматичний характер кільцевого облямування. На прикладі Молдовського залізорудного родовища доведено прирозломно-зсувний тип Молдовської структури і висловлено думку про можливий вулкано-інтрузивний тип родовища. Досліджено кінематичні особливості Заваллівської зони розломів і розглянуто геологічну природу Заваллівського графітового родовища як внутрішньорозломної лінзи порід гідротермально-метасоматичного походження. Встановлено новий важливий маньківський етап розломоутворення, чим доведено відсутність повертання західної і східної частин Українського щита одна відносно одної в інтервалі 2,04–2,05 млрд років тому.

**Ключові слова:** деформації, поля напружень, зони розломів, структурно-текстурні елементи порід, зони сколювання, тектонофізика, геодинаміка, Український щит, мегаблоки, шовні зони, родовища корисних копалин.

## SUMMARY

**Mychak S. V. Structural features and cinematic development of the earth's crust of the western part of the Ukrainian shield.** - The manuscript on qualifying scientific work. – Qualifying scientific work on the rights of manuscript.

The doctor of geological sciences thesis in speciality 04.00.22 – geophysics (103 – natural sciences). – Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, Kyiv, 2019.

The thesis has been performed with the aim of studying the main features of the internal structure and tension deformed state of fault zones and blocks of the western part of the Ukrainian Shield to determine the stages of its kinematic development occurring in the Neoproterozoic-Paleoproterozoic, and on this basis, considering the prospects of the region for the search of minerals. The tension deformed state of rocks within the Volyn', Ros', Podilsk, Bug, the western part of the Ingul blocks of the Ukrainian Shield, in particular the Bug mining area, Novograd-Volynsky, Uman', Bohuslav granitoid massifs, Korosten pluton, as well as nine inter-block and inner-block fault zones have been established by the candidate for a degree. The structure and prospects for the ore-bearing capacity of three basite-metabasite massifs of the Bug mining area (Bandurivka, Troyanka and Tarasivka) have been considered on the example of the Tarasivka

structure. Their intrusive nature and the metasomatic character of the ring bordering have been established. The example of the Moldovka iron-ore area proves the near fault-shift type of the Moldovka structure and expresses the view of a possible volcano-intrusive type of deposit. The kinematic features of the Zavallya fault zones have been investigated and the geological nature of the Zavallya graphite deposit as an intrafault lens of rocks of hydrothermal-metasomatic origin has been considered in this work. A new important Mankiv phase of fracturing has been established proving the unchanged position of the western and eastern parts of the Ukrainian shield, one relative to another in the interval of 2,04–2,05 billion years ago.

**Key words:** deformations, stress fields, fault zones, structural and texture elements of rocks, areas of clamping, tectonophysics, geodynamics, Ukrainian shield, megablocks, suture zones, mineral deposits.

## АННОТАЦИЯ

**Мычак С. В.** Структурные особенности и кинематическое развитие земной коры западной части Украинского щита. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора геологических наук по специальности 04.00.22 – геофизика (103 – Науки о Земле). – Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, Киев, 2019.

Диссертационная работа выполнена с целью изучения основных черт внутреннего строения и напряженно-деформированного состояния зон разломов и мегаблоков западной части Украинского щита для определения этапов кинематического развития, которые происходили в неоархее–палеопротерозое.

В работе рассматриваются некоторые спорные вопросы составления Схемы разломно-мегаблоковой тектоники западной части Украинского щита. Показано, что при составлении такой схемы должны более полно учитываться и использоваться геофизические данные, которые подробно и объективно отражают как поверхностное, так и глубинное строение земной коры щита.

Установлено, что формирование типичной мегаблоковой структуры Украинского щита началось не ранее неоархея, но архейские зоны разломов в исследуемой части щита однозначно установить и проследить в настоящее время трудно, а иногда практически невозможно, поскольку раннепротерозойские процессы региональной гранитизации и динамометаморфизма кардинально изменили состав и структуру земной коры. Геофизические данные, подкрепленные геологическими и тектонофизическими наблюдениям, четко фиксируют протерозойские зоны разломов, которые начали формироваться после 2,50 млрд лет назад. Они пересекают и деформируют как архейские, так и раннепротерозойские гранитоидные комплексы, и сопровождались процессами интенсивного диафтореза, метасоматоза и рудообразования.

Выполненные автором тектонофизические исследования мегаблоков западной части Украинского щита позволяют определить изменения напряженно-деформированного состояния горных пород в пределах Волынского, Росинского, Подольского, Бугского, западной части Ингульского мегаблоков, в частности Побужского горнорудного района, Новоград-Волынского, Уманского,

Богуславского гранитоидных массивов, Коростенского плутона, а также девяти межмегаблоковых и внутримегаблоковых зон разломов. На основе полученных данных установлен и обобщен характер напряженно-деформированного состояния земной коры региона и составлена шкала этапов деформаций для периода 2,45-1,73 млрд лет.

Установлен новый важный маньковский этап разломообразования, чем доказано отсутствие поворотов западной и восточной частей УЩ друг относительно друга в интервале 2,04–2,05 млрд лет назад.

На основе полученных данных построена Схема поворотов Украинского щита как единого целого в составе микроконтинента Сарматии. По этой схеме в период 1,80-1,73 млрд лет назад общий разворот УЩ составил  $54^\circ$  против часовой стрелки.

Составлена структурно-петрофизическая и тектонофизическая основа центральной части Голованевской шовной зоны, на которой отражены практически все геологические тела, изображенные на крупномасштабных геофизических (магнитных и гравитационных) картах, геолого-петрофизические таксоны и структурно-кинематические данные для поверхности докембрийского фундамента региона.

Рассмотрена связь металлогении и разломно-блоковой тектоники Украинского щита, обобщены данные по химико-минералогическому составу и точному местоположению месторождений, рудопроявлений и точек повышенной минерализации, которые объединены в восемь групп. Эти данные сопоставлены со схемой разломно-блоковой структурой щита, построенной по результатам тектонофизических исследований. Показано, что 94% месторождений и рудопроявлений данных групп сопряжены именно с зонами разломов. Установлено несколько детальных прогнозных критериев на поиски редких и благородных металлов

На примере Тарасовской структуры Среднего Побужья рассмотрено строение и перспективы на рудоносность трех базит-метабазитовых массивов Побужского горнорудного района (Бандуровского, Троянского и Тарасовского). Установлены их интрузивная природа и метасоматический характер кольцевого обрамления.

На примере Молдовского железорудного месторождения доказан приразломно-сдвиговый тип Молдавской структуры и высказано мнение о возможном вулкано-интрузивном типе месторождения.

Исследованы кинематические особенности Завальевский зоны разломов и рассмотрена геологическая природа Завальевского графитового месторождения как внутриразломной линзы пород гидротермально-метасоматического происхождения.

Полученные результаты являются только первым шагом к построению общей геодинамической модели формирования земной коры региона, но, по мнению автора, они освещают суть основных тектонических процессов, происходивших здесь в протерозое, и указывают направление дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** деформации, поля напряжений, зоны разломов, структурно-текстурные элементы пород, зоны скалывания, тектонофизика, геодинамика, Украинский щит, мегаблоки, шовные зоны, месторождения полезных ископаемых.